

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნათია ჭელიძე-ტყეშელაშვილი

მთავორიან ტყეაფებზე ხე-ტყის დამზადებისათვის  
კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების  
და მანქანა-დანადგარების შერჩევა და კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა – მანქანათმცოდნეობა,  
მანქანათმშენებლობა და საწარმოო ტექნოლოგიური  
პროცესები. შიფრი 0408

თბილისი

2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი  
სატყეო-ტექნიკური დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი:  
ტ.მ.დ., პროფესორი

**ზ. ბაღამწარაშვილი**

რეცენზენტები:  
ტ.მ.დ., პროფესორი  
ტ.მ.კ.

**თ. მჭედლიშვილი**

**ნ. მახარაძე**

დაცვა შედგება 2017 წლის "-----" ივლისს, „-----“ საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და  
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის  
სხდომაზე.

კორპუსი 1, აუდიტორია 203 ც

მისამართი: 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 72.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი  
სტუ-ს პროფესორი

**ნ. ნათბილაძე**

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობასთან დაკავშირებული მთავარი პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ არსებული მანქანა-დანადგარები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ეკოლოგიურ მოთხოვნებს და, აგრეთვე, ვერ უზრუნველყოფენ პროცესის ყველა ოპერაციის შესრულება ს მექანიზებული წესით ავტომატურ რეჟიმში.

**სამუშაოს მიზანია** მერქნის ნედლეულის რაციონალურად გამოყენების მეცნიერულად დასაბუთებული და გეგმაზომიერი კვლავწარმოების უზრუნველყოფა; მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის სამუშაოების მთლიანად მექანიზებული წესით განხორციელება.

**სამეცნიერო სიახლე.** შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ადჰურვილი ახალი ძარა -ისრის სახსრულ -ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელიც ავტომატურ რეჟიმში მექანიზებული წესით ახორციელებს ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციას, მათ შორის შეკრულას ძარაზე დაფიქსირება-დაბმას.

სადისერტაციო ნაშრომში მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის შესასწავლად დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული თეორიული კვლევებით დადგენილია:

- დაუტვირთავი და დატვირთული მთა-ის ვაკეზე და განივი მიმართულებით ფერდობზე მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარეების მნიშვნელობები;
- აგრეგატის მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობის დროს განივი მდგრადობის პირობიდან ტრანსცენდენტული განტოლების გაწვრივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ, განსაზღვრულია, ფერდობის დახრის კუთხის ზღვრული მნიშვნელობები, დაუტვირთავ და დატვირთულ მდგომარეობაში;
- $t$  დროის ხანგრძლიობა აგრეგატის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, დაუტვირთავი და დატვირთული აგრეგატის ვაკეზე და ფერდობზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს.

ჩატარებულია მოდერნიზებული მთა-ის საწვევ-საექსპლუატაციო გაანგარიშებები, ძირითადი პარამეტრების დასადგენად.

დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებიდან, დადგენილია, მთა-ის ქანობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელოვანი ჩამოცურებაზე; აგებულია შუბლა წინააღმდეგობის და ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის ამსახველი დიაგრამები ლიანდის ჩაღრმავებისაგან დამოკიდებულებით.

**კვლევის მეთოდები** . ნაშრომში გამოყენებული მეთოდები დაყრდნობილია იმ სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის შესწავლაზე და ანალიზზე, რომლებიც მოიცავენ მორსათრევი აგრეგატების მოძრაობის განივი მდგრადობის, მათი ძარა-ისრის მექანიზმების აგების და სტრუქტურული კვლევის, საწვევ-საექსპლუატაციო გაანგარიშებების, ექსპერიმენტულ და სხვა საკითხებთან დაკავშირებულ კვლევებს.

მანქანების მდგრადობასთან დაკავშირებით შესწავლილი თეორიული კვლევების საფუძველზე, დამუშავებული მეთოდები და მეთოდები ეყრდნობა, მექანიკური სისტემების, კერძოდ, მობილური მორსათრევი აგრეგატების მოძრაობის განივი მდგრადობის ფართოდ ცნობილ, მეცნიერულად დასაბუთებულ თეორიულ კვლევებს.

#### **გამოკვლევების პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების**

**რეალიზაცია.** შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ძარა - ისრის სრულიად ახალი სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით . დამუშავებულია ახალი მეთოდები მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის და ექსპერიმენტული კვლევების ჩასატარებლად. კვლევების საფუძველზე ნაშრომში გადაწყვეტილია მნიშვნელოვანი სამეცნიერო - ტექნიკური პრობლემა, რომელიც დაკავშირებულია მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე -ტყის ურთულესი ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელების სრულყოფასთან. დადგენილია, რომ მთაგორიან ტყესაკაფებზე აუცილებელია გამოყენებული იყოს მოდერნიზებული მთა, რომელიც ახალი ტექნოლოგიური აღჭურვილობით უზრუნველყოფს ხე - ტყის მორსათრევას ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები, დამუშავებული ახალი ტექნოლოგიური სქემები და ტექნიკური გადაწყვეტილებები რეკომენდებულია ფართო დანერგვისათვის.

**სამუშაოს აპრობაცია** . სამუშაოს ძირითადი შედეგები მოხსენებულია და განხილულია: 84-ე სტუდენტთა ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, თბილისი, 10. 06. 2016 წელი. **გამოქვეყნება:** სადისერტაციო თემის ირგვლივ გამოქვეყნებულ ღია ნაბეჭდი შრომების სახით: 17 სამეცნიერო სტატია, 3 გამოგონება-პატენტი.

**სტრუქტურა და სამუშაოს მოცულობა** . სადისერტაციო შრომა შედგება შესავალი ნაწილის, ლიტერატურის მიმოხილვის, განსჯის , დასკვნების და ბიბლიოგრაფიული მაჩვენებლისაგან, რომელიც შეიცავს 43 დასახელებას. ტექსტი გადმოცემულია კომპიუტერზე ნაბეჭდ 161 გვერდზე, ახსნილი 45 ნახაზით და 3 ცხრილით.

### **ლიტერატურის მიმოხილვა**

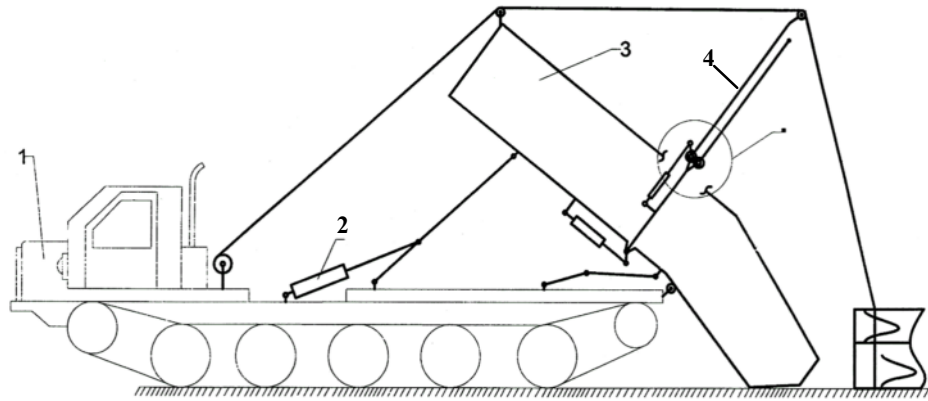
ლიტერატურის მიმოხილვაში განხილულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების ტექნოლოგიური სქემების და მათ განსახორციელებლად დასაჭირო არსებული ძარა -ისრის სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმებით აღჭურვილი აგრეგატის სქემური და კონსტრუქციული გადაწყვეტილებები. განხილულია აგრეთვე, არსებული ტექნიკის ეკოლოგიურ მოთხოვნებთან შეუთავსებლობის და მთა-ის განივი მდგრადობის თეორიული კვლევების საკითხები.

### **შედეგები და მათი განსჯა**

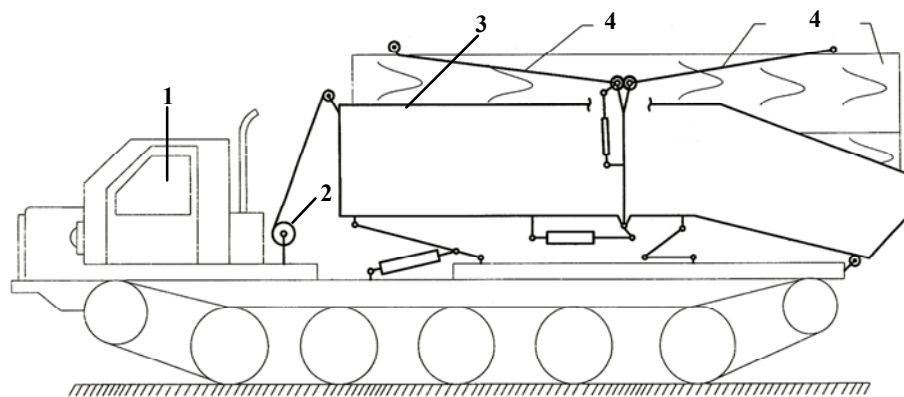
მთავორიანი ტყესაკაფებისათვის დამუშავებულია კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი № 9 ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს მეოთხე ჯგუფის სხვადასხვა დახრილობის ერთმანეთზე მიბმული ოთხი ზონისაგან შემდგარი ტყესაკაფის ათვისებას. ამასთან, აღნიშნული რთული ტყესაკაფების ასათვისებლად შექმნილია ავტომატიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი (პატენტი .... ). აგრეგატი შეიცავს სპეციალიზებულ ტრაქტორ TT-4-ს 1 ჯალამბრით 2 და ძარის 3 და ისრის 4 სახსრულ -ბერკეტულ-კბილანურ მექანიზმებს. ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმი, ამ შემთხვევაში, სტრუქტურულად სხვადასხვა რაოდენობის რგოლებით და სხვადასხვა სახეობისა და რაოდენობის კინემატიკური წყვილებით სტრუქტურულად

გარდაიქმნება სხვადასხვა ფუნქციის მატარებელ სახსრულ -ბერკეტულ და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანურ მექანიზმებად.

მოდერნიზებული მთა-ით ავტომატურ რეჟიმში ხორციელდება ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევის ყველა ოპერაცია, მათ შორის ძარაზე შეკრულას საიმედო დაბმა-დაფიქსირება (ნახ. 1, 2).



ნახ. 1. მთა-ის გვერდხედი ძარის და ისრის მექანიზმების მორსათრეფ-დასატვირთ მდგომარეობაში

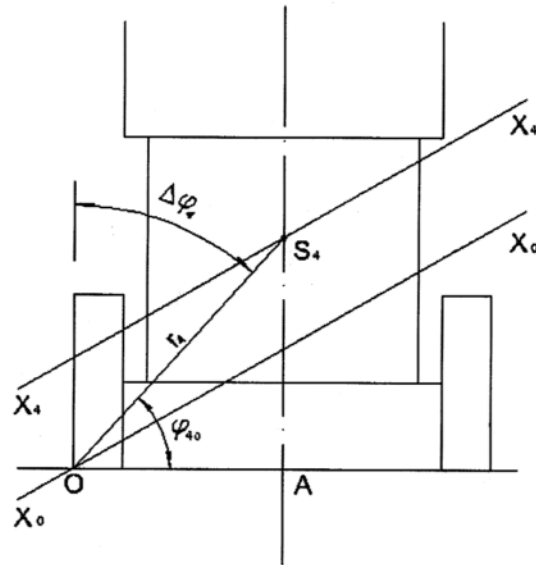


ნახ. 2. მთა-ის გვერდხედი ისრის მექანიზმით ძარაზე შეკრულას დაფიქსირებულ მდგომარეობაში

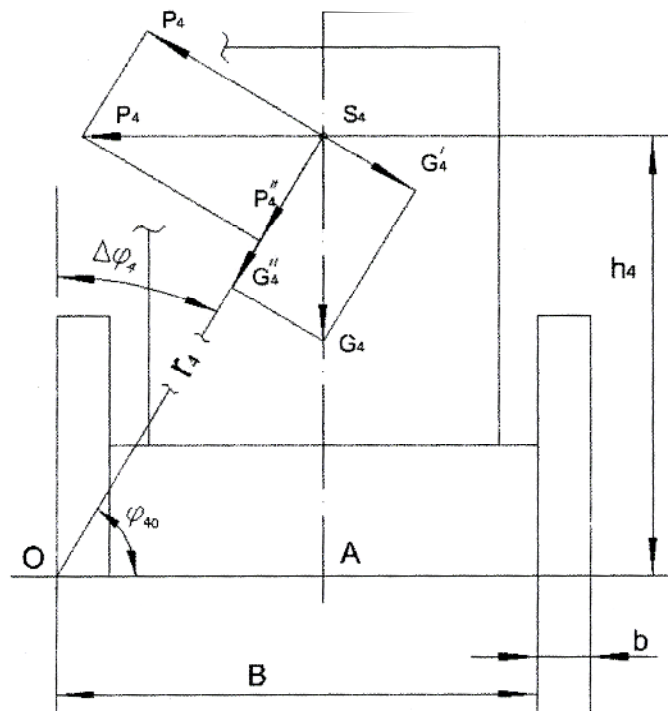
დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს . შედგენილია აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლება ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის წიბოზე გამავალი  $x_{x0}$  ღერძის მიმართ, რაც აგრეგატი ს მრუდწირული გადაადგილების დროს გადაყირაების დაწყების მომენტიდან წარმოადგენს აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 3, 4).

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\phi}_1 = m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_1) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_1) r_4, \quad (1)$$

სადაც  $I_{4x_0x_0}$  – მთა-ის ინერციის მომენტი ბრუნვის  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ, 57764, კგმ<sup>2</sup>;



ნახ. 3. დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა



ნახ. 4. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა

$\Delta\ddot{\phi}_1$  – მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ვაკეზე  $r_4$  რადიუსით ბრუნვის კუთხური აჩქარება.  $1/\sqrt{მ}^2$ ;

$m_4$  – დაუტვირთავი აგრეგატის მასა, 13600 კგ;

$a_1$  – მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მ/წმ<sup>2</sup>;  $R$

$\varphi_{40}$  – დაუტვირთავი მთა-ის ვაკეზე საწყის მდგომარეობაში რადიუსის დახრის კუთხე პორიზონტალთან, 55°24', გრად;

$\Delta\varphi_1$  – მთა-ის ვაკეზე საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე, გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამ დე, გრად;

$r_4$  – მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსი, 1,76 მ;

$G_4$  – დაუტვირთავი მთა-ის წონა, 136000 ნ.

დაუტვირთავი მთა-ის ვაკეზე მოძრაობის დროს, მინიმალური რადიუსით  $R = 2$ , მობრუნების მომენტში, ცენტრიდანული აჩქარება  $a_1$  განისაზღვრება მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან

$$m_4 a_1 \sin \varphi_{40} r_4 - G_4 \cos \varphi_{40} r_4 = 0, \quad (2)$$

საიდანაც

$$a_1 = \frac{G_4 \cos \varphi_{40}}{m_4 \sin \varphi_{40}} = \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24'}{13600 \cdot \sin 55^\circ 24'} = 6,9 \text{ მ/წმ}^2. \quad (3)$$

მაშინ კრიტიკულ სიჩქარე, როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას ტოლია

$$V_{j1} = \sqrt{a_1 R} = \sqrt{6,9 \cdot 2,0} = 3,7 \text{ მ/წმ}.$$

$\Delta\varphi_1$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ აგრეგატის სტატიკური წონასწორობის პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 = 0. \quad (4)$$

ტრანსცენდენტული განტოლებიდან გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მივიღებთ

$$G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta\varphi_{1\max} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta\varphi_{1\max}) r_4 = 0, \quad (5)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{1\max} = \frac{\cos \varphi_{40}}{\sin \varphi_{40}} = \frac{\cos 55^\circ 24'}{\sin 55^\circ 24'} = 0,68985; \quad (6)$$

$$\Delta\varphi_{1\max} = 34^\circ 36'.$$



$t_1$  დროის საპოვნელად აგრეგატის გადაბრუნების დაწყების მომენტიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე განტოლებიდან (1) ვსაზღვრავთ  $\Delta\ddot{\varphi}_1$  კუთხურ აჩქარებას

$$\Delta\ddot{\varphi}_1 = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4], \quad (7)$$

საიდანაც

$$\Delta\varphi_{1\max} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4] \frac{t_1^2}{2}, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \sqrt{\frac{\Delta\varphi_{1\max} I_{4x_0x_0}}{m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4}} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,604 \cdot 57764}{13600 \cdot 6,9 \cdot \sin(55^\circ 24' + 34^\circ 36') \cdot 1,76 - 136000 \cdot \cos(55^\circ 24' + 34^\circ 36') \cdot 1,76}} = 0,65 \text{ წ} \end{aligned}$$

მ.

ვაკეზე მინიმალური რადიუსით დაუტვირთავი მთა-ის მობრუნების დროს მოძრაობის განივი მდგრადობა არ დაირღვევა, რადგანაც სრულდება პირობა

$$V = 2,84 \text{ მ/წმ} < V_{\text{კ}} = 3,7 \text{ მ/წმ}.$$

**დაუტვირთავი მთა -ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს .** შედგენილია აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლება (ნახ. 3, 5).

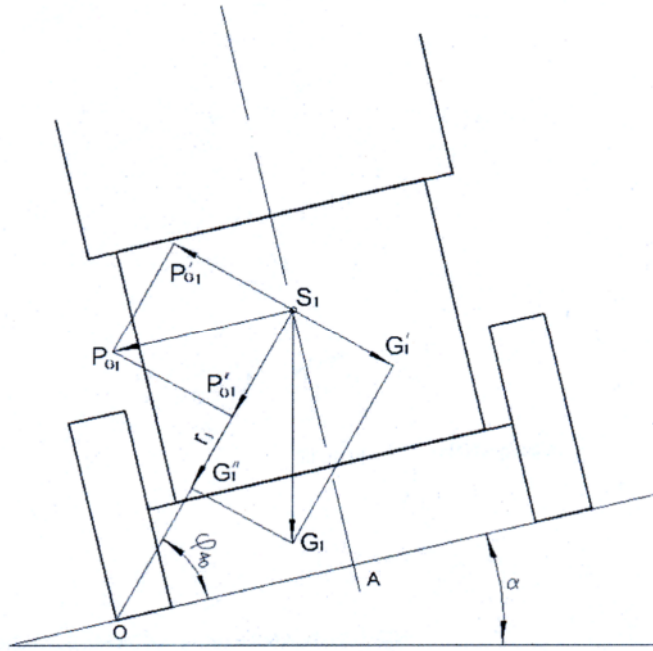
$$I_{4x_0x_0} \Delta\ddot{\varphi}_2 = m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_2) r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_2) r_4, \quad (10)$$

სადაც  $\Delta\ddot{\varphi}_2 - \alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დაუტვირთავი მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\text{წმ}^2$ ;

$\alpha_2 - \alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს,  $\text{მ/წმ}^2$ ;

$\Delta\varphi_2 - \alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე, გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$\varphi'_{40} - \alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის საწყის მდგომარეობაში  $r_4$  რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად.



ნახ. 5. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა

$$\varphi'_{40} = \varphi_{40} + \alpha = 55^{\circ}24' + 20^{\circ} = 75^{\circ}24';$$

სადაც  $\alpha$  – ფერდობის დახრის კუთხე,  $20^{\circ}$ .

$\alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის ძირითადი პარამეტრები იანგარიშება ფორმულებით:

$$a_2 = \frac{G_4 \cos \varphi'_{40}}{m_4 \sin \varphi_{40}} = \frac{136000 \cdot \cos 75^{\circ}24'}{13600 \cdot \sin 55^{\circ}24'} = 2,6 \text{ მ/წმ}^2, \quad (11)$$

$$V_{j2} = \sqrt{a_2 R} = \sqrt{2,6 \cdot 2,0} = 2,28 \text{ მ/წმ}. \quad (12)$$

$\Delta\varphi_2$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ აგრეგატის სტატიკური წონასწორობის პირობიდან

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{2\max} = \frac{\cos \varphi'_{40}}{\sin \varphi'_{40}} = \frac{\cos 75^{\circ}24'}{\sin 75^{\circ}24'} = 0,26048, \quad (13)$$

$$\Delta\varphi_{2\max} = 14^{\circ}36'.$$

$t_2$  დრო განისაზღვრება აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლებიდან (40)

$$t_2 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{2\max} \cdot I_{4x_0x_0}}{m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{2\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{2\max}) r_4}}; \quad (14)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ  $t_2 = 0,72$  წმ.

ამრიგად, აგრეგატი დაკარგავს მდგრადობას, თუ  $V_{j2}$  გახდება 2,28 მ/წმ-ზე მეტი და  $t_2$  დროის სიმცირის გამო გადაბრუნება გარდაუვალია.

**ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დაუტვირთავი მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს** . შედგენილია აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლება (ნახ. 3, 5)

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\alpha}_1 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\beta 1}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\beta 1}) r_4, \quad (15)$$

სადაც  $a$  – მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, 4,03 მ/წმ<sup>2</sup>;

$\Delta \ddot{\alpha}_1$  – მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო  $r_4$  რადიუსით ბრუნვის დაწყების მომენტში კუთხური აჩქარება, 1/წმ<sup>2</sup>;

$\Delta \alpha_{\beta 1}$  – ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე, მთა-ის გადაბრუნების დაწყების მომენტში, გრადუსი.

$\Delta \alpha_{\beta 1}$  კუთხეს ვპოულობთ აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან

$$m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\beta 1}) r_4 = G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\beta 1}) r_4. \quad (16)$$

ტრანსცენდენტული განტოლება (16) გადაგვყავს გაწრფივებულ მოდელში, რისთვისაც  $\sin$  და  $\cos$  ფუნქციებს ვიხილავთ ნაზრდებში

$$\begin{aligned} m_4 a (\sin \varphi_{40} + \cos \Delta \alpha_{\beta 1} + \cos \varphi_{40} \sin \Delta \alpha_{\beta 1}) &= \\ = G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta \alpha_{\beta 1} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta \alpha_{\beta 1}), & \end{aligned} \quad (17)$$

საიდანაც

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta \alpha_{\beta 1} &= \frac{G_4 \cos \varphi_{40} - m_4 a \sin \varphi_{40}}{m_4 a \cos \varphi_{40} + G_4 \sin \varphi_{40}} = \\ &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' - 13600 \cdot 4,03 \cdot \sin 55^\circ 24'}{13600 \cdot 4,03 \cdot \cos 55^\circ 24' + 136000 \cdot \sin 55^\circ 24'} = 0,22444, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\Delta \alpha_{\beta 1} = 12^\circ 39'.$$

$t_3$  დროის საპოვნელად ვსარგებლობთ აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებით

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\varphi}_3 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_3) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_3) r_4, \quad (19)$$

სადაც  $\Delta\ddot{\phi}_3$  – ფერდობზე მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\sqrt{m^2}$ ;

$\varphi''_{40}$  – ფერდობზე მთა-ის საწყისი მდგომარეობიდან ბრუნვის  $r_4$  რადიუსის დახრის კუთხეჰორიზონტალთან,

$$\varphi''_{40} = \varphi_{40} + \Delta\alpha_{\psi_1} = 55^\circ 24' + 12^\circ 39' = 68^\circ 3', \text{ გრად.}$$

$\Delta\varphi_3$  – დაუტვირთავი მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად.

$\Delta\varphi_3$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვსაზღვრავთ აგრეგატის წონასწორობის პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi''_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4 = 0. \quad (20)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (20) გაწვრივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მივიღებთ

$$G_4 (\cos \varphi''_{40} \cos \Delta\varphi_{3\max} - \sin \varphi''_{40} \sin \Delta\varphi_{3\max}) = 0, \quad (21)$$

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{3\max} = \frac{\cos \varphi''_{40}}{\sin \varphi''_{40}} = \frac{\cos 68^\circ 3'}{\sin 68^\circ 3'} = 0,40301, \quad (22)$$

$$\Delta\varphi_{3\max} = 21^\circ 57'.$$

$t_3$  დრო განისაზღვრება აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლებიდან (19)

$$t_3 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{3\max} \cdot I_{4x_0x_0}}{m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi''_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4}}. \quad (23)$$

რიცხვით მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ  $t_3 = 0,69$  წმ.

დაუტვირთავი აგრეგატის  $12^\circ 39'$  ზღვრული კუთხით დახრილ ფერდობზე მაქსიმალური სიჩქარით განივი მიმართულებით მოძრაობის დროს მდგრადობა ირღვევა.

**დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს.** შედგენილია აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის დიფერენციალური განტოლება  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ (ნახ. 6, 7)

$$I_{\Sigma} x_0x_0 \Delta\ddot{\phi}_4 = m_4 a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 + m_3 a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3 -$$

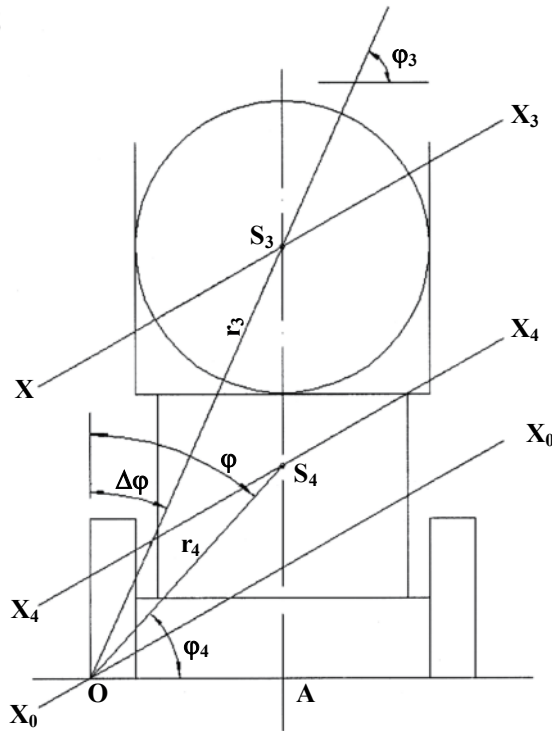
$$-G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3, \quad (24)$$

სადაც  $I_{\Sigma_{x_0x_0}}$  – მთავის ინერციის ჯამური მომენტი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ, 88067 კგმ<sup>2</sup>;

$\Delta\ddot{\varphi}_4$  –  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო მთავის ბრუნვის კუთხური აჩქარება, 1/წმ<sup>2</sup>;

$a_3$  – მთავის ცენტრიდანული აჩქარება ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მ/წმ<sup>2</sup>;

$\Delta\varphi_4$  – გაკიზი მთავის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე



ნახ. 6. დატვირთული მთავის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა

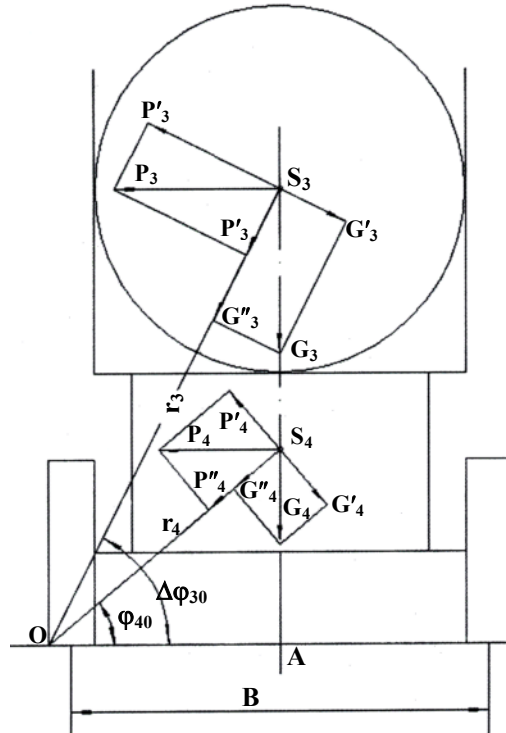
საწყისი მდგომარეობიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$m_3$  – მთავის ძარაზე დატვირთული შეკრულის მასა, 5000 კგ;

$\varphi_{30}$  – მთავის საწყის მდგომარეობაში,  $r_3$  რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, 60°34' გრად;

$r_3$  – მთავის ძარაზე დატვირთული შეკრულის  $S_3$  სიმძიმის ცენტრის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსი, 2,03 მ;

$G_3$  – მთავის ძარაზე დატვირთული შეკრულის წონა, 50000 ნ.



ნახ. 7. დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების მომენტების საანგარიშო სქემა

ვაკეზე დატვირთული მთა-ის მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს ცენტრიდანული აჩქარება იანგარიშება აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან

$$m_4 a_3 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 a_3 \sin \varphi_{30} r_3 = G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3, \quad (25)$$

$$a_3 = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{m_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 \sin \varphi_{30} r_3} = \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 60^\circ 34' \cdot 2,03}{13600 \cdot \sin 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 5000 \sin 60^\circ 34' \cdot 2,03} = 6,5 \text{ მ/წმ}^2. \quad (26)$$

კრიტიკული სიჩქარემ , როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას  $V_{\text{კრიტიკული}} = 3,6 \text{ მ/წმ}$ .

$\Delta \varphi_4$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ აგრეგატის სტატიკური წონასწორობის პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{4\text{max}}) r_4 + G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{4\text{max}}) r_3 = 0. \quad (27)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (27) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანით მივიღებთ

$$G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \varphi_{4\text{max}} - \sin \varphi_{40} \sin \varphi_{4\text{max}}) r_4 +$$

$$+ G_3 (\cos \varphi_{30} \cos \varphi_{4\max} - \sin \varphi_{30} \sin \Delta \varphi_{4\max}) r_3 = 0. \quad (28)$$

$$\operatorname{tg} \Delta \varphi_{4\max} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3}; \quad (29)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ

$$\operatorname{tg} \Delta \varphi_{4\max} = 0,6509; \quad \Delta \varphi_{4\max} = 33^\circ 4'.$$

$t_4$  დროის მნიშვნელობის საპოვნელად განტოლებიდან (24) მთა-ის  $x_0 x_0$  დერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება  $\Delta \ddot{\varphi}_4$

$$\begin{aligned} \Delta \ddot{\varphi}_4 = & \frac{1}{I_{\Sigma} x_0 x_0} [m_4 a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_4) r_4 + m_3 a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_4) r_3 - \\ & - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_4) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \varphi_4) r_3], \end{aligned} \quad (30)$$

რადგანაც  $\Delta \varphi_{4\max} = \frac{\Delta \ddot{\varphi}_4 t_4^2}{2}$ , გვექნება

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_{4\max} = & \frac{1}{I_{\Sigma} x_0 x_0} [m_4 a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{4\max}) r_4 + m_3 a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{4\max}) r_3 - \\ & - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{4\max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{4\max}) r_3] \frac{t_4^2}{2}, \end{aligned} \quad (31)$$

საიდანაც

$$t_4 = \sqrt{\frac{2 \Delta \varphi_{4\max} \cdot I_{\Sigma} x_0 x_0}{m_4 a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{4\max}) r_4 + m_3 a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{4\max}) r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{4\max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{4\max}) r_3}}. \quad (32)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ  $t_4 = 0,68$  წმ.

ამ შემთხვევაში, აგრეგატი ინარჩუნებს განივ მდგრადობას, რადგანაც  $V_{\text{გ}} = 3,6$  მ/წმ  $>$   $V = 2,84$  მ/წმ.

**დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე მრუდწირული მოძრაობის დროს.** შედგენილია აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლება (ნახ. 6, 8)

$$\begin{aligned} I_{\Sigma} x_0 x_0 \Delta \ddot{\varphi}_5 = & m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_5) r_3 - \\ & - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 - G_3 \cos(\varphi'_{30} + \Delta \varphi_5) r_3, \end{aligned} \quad (33)$$

სადაც  $\Delta \ddot{\varphi}_5$  – მთა-ის  $x_0 x_0$  დერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\text{წმ}^2$ ;

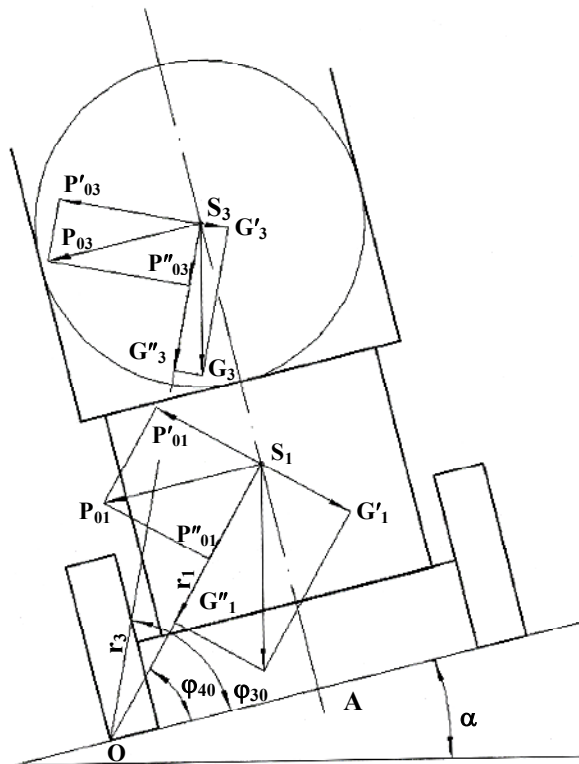
$a_4$  – მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება ფერდობზე მინიმალური რადიუსით აღმართის მხარეს მობრუნების დროს, მ/წმ<sup>2</sup>;

$\Delta\varphi_5$  – მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე საწყისი მდგომარეობიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$\varphi'_{30} - \alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას საწყის მდგომარეობაში  $r_3$  რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან,  $80^\circ 34'$  გრად.

$\Delta\varphi_5$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ აგრეგატის სტატიკური წონასწორობის პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{5\max})r_4 + G_3 (\varphi'_{30} + \Delta\varphi_{5\max})r_3 = 0. \quad (34)$$



ნახ. 8. დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების მომენტების საანგარიშო სქემა

განტოლება (34) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მიიღებს სახეს

$$G_4 (\cos\varphi'_{40} \cos\Delta\varphi_{5\max} - \sin\varphi'_{40} \sin\Delta\varphi_{5\max})r_4 + G_3 (\cos\varphi'_{30} \cos\Delta\varphi_{5\max} - \sin\varphi'_{30} \sin\Delta\varphi_{5\max})r_3 = 0, \quad (35)$$

საიდანაც



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta \varphi_{5 \max} &= \frac{G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi'_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi'_{30} r_3} = \\ &= \frac{136000 \cdot \cos 75^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 80^\circ 34' \cdot 2,03}{136000 \cdot \sin 75^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \sin 80^\circ 34' \cdot 2,03} = 0,2301, \end{aligned} \quad (36)$$

$$\Delta \varphi_{5 \max} = 13^\circ 4'.$$

აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან ვპოულობთ ცენტრიდანულ აჩქარებას

$$m_4 a_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 a_4 \sin \varphi_{30} r_3 = G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3, \quad (37)$$

$$a_4 = \frac{G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3}{m_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 \sin \varphi_{30} r_3}. \quad (38)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ

$$a_4 = 2,7 \text{ მ/წმ}^2.$$

ამ შემთხვევაში  $V_{j4} = 2,32 \text{ მ/წმ}$ .

$t_5$  დრო განისაზღვრება აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლებიდან (33)

$$t_5 = \sqrt{\frac{2 \Delta \varphi_{5 \max} \cdot I_{\Sigma x_0 x_0}}{m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_3 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi'_{30} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_3}}. \quad (39)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ  $t_5 = 0,68 \text{ წმ}$ .

ვინაიდან,  $V_{j4} = 2,32 \text{ მ/წმ} < V = 2,84 \text{ მ/წმ}$ , აგრეგატი ვეღარ ინარჩუნებს მდგრადობას და იწყებს გადაბრუნებას.

**ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დატვირთული მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს.** შედგენილია აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლება (ნახ. 6, 8).

$$\begin{aligned} I_{\Sigma x_0 x_0} \Delta \ddot{\alpha}_{\varphi_2} &= m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\varphi_2}) r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta \alpha_{\varphi_2}) r_3 - \\ &- G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\varphi_2}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \alpha_{\varphi_2}) r_3, \end{aligned} \quad (40)$$

სადაც  $\Delta \ddot{\alpha}_{\varphi_2} - \text{მთა-ის } x_0 x_0 \text{ ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება. } 1/\text{წმ}^2;$

$\Delta\alpha_{\alpha_2}$  – ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე, როცა დატვირთული მთა იწყებს  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო გადაბრუნებას, გრად.

$\Delta\alpha_{\alpha_2}$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობა ს ვპოულობთ მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან:

$$m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\alpha_2})r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\alpha_2})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\alpha_2})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\alpha_2})r_3 = 0. \quad (41)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (41) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანით მივიღებთ

$$m_4 a (\sin \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\alpha_2} + \cos \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\alpha_2})r_4 + m_3 a (\sin \varphi_{30} \cos \Delta\alpha_{\alpha_2} + \cos \varphi_{30} \sin \Delta\alpha_{\alpha_2})r_3 - G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\alpha_2} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\alpha_2})r_4 - G_3 (\cos \varphi_{30} \cos \Delta\alpha_{\alpha_2} - \sin \varphi_{30} \sin \Delta\alpha_{\alpha_2})r_3 = 0, \quad (42)$$

საიდანაც

$$tg \Delta\alpha_{\alpha_2} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3 - m_4 a \sin \varphi_{40} r_4 - m_3 a \sin \varphi_{30} r_3}{m_4 a \cos \varphi_{40} r_4 + m_3 a \cos \varphi_{30} r_3 + G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3}, \quad (43)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ

$$tg \Delta\alpha_{\alpha_2} = 0,19641; \quad \Delta\alpha_{\alpha_2} = 11^\circ 7'.$$

$t_6$  დროის საპონენლად ვიყენებთ დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას

$$I_{\Sigma x_0 x_0} \Delta \ddot{\phi}_6 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\phi_6) r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\phi_6) r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\phi_6) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\phi_6) r_3, \quad (44)$$

სადაც  $\Delta \ddot{\phi}_6 - \Delta\alpha_{\alpha_2}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\sqrt{m}^2$ ;

$\varphi_{40}''$  – მთა-ის საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან,

$$\varphi_{40}''' = \varphi_{40} + \Delta\alpha_{\alpha_2} = 55^\circ 24' + 11^\circ 7' = 66^\circ 31' \text{ გრად.}$$

$\Delta\phi_6$  – მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე გადაბრუნებს დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$\varphi_{30}''$  – მთა-ის ძარახე დატვირთული შეკრულას საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან,  $\varphi_{30}''' = \varphi_{30} + \Delta\alpha_{\alpha_2} = 60^\circ 34' + 11^\circ 7' = 71^\circ 41'$ , გრად;

$\Delta\varphi_{6\max}$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_4 + G_3 \cos(\varphi_{30}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_3 = 0. \quad (45)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (45) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ გვექნება

$$G_4 (\cos \varphi_{40}''' \cos \Delta\varphi_{6\max} - \sin \varphi_{40}''' \sin \Delta\varphi_{6\max})r_4 + G_3 (\cos \varphi_{30}'' \cos \Delta\varphi_{6\max} - \sin \varphi_{30}'' \sin \Delta\varphi_{6\max})r_3 = 0, \quad (46)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{6\max} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40}''' r_4 + G_3 \cos \varphi_{30}'' r_3}{G_4 \sin \varphi_{40}''' r_4 + G_3 \sin \varphi_{30}'' r_3}. \quad (47)$$

შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები და მივიღებთ

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{6\max} = 0,40291;$$

$$\Delta\varphi_{6\max} = 21^\circ 57'.$$

განტოლებიდან (44) განსაზღვრულია  $t_6$  დრო

$$t_6 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{6\max} \cdot I_{\Sigma x_0 x_0}}{m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{6\max})r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{6\max})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_3}}, \quad (48)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ  $t_6 = 0,71$  წმ.

დატვირთული აგრეგატის  $11^\circ 7'$  ზღვრული კუთხით დახრილ ფერდობზე მაქსიმალური სიჩქარით განივი მიმართულებით მოძრაობის დროს მდგრადობა ირღვევა.

ნაშრომში, აგრეთვე, ჩატარებულია მთა-ის ჯალამბრით ტრაქტორამდე მოჭრილი ხის მორთრევის ოპერაციის განსახორციელებლად საჭირო წვევის ძალის ანგარიში (ნახ. 9).

ამ შემთხვევაში წვევის ძალას ვანგარიშობთ ფორმულით:

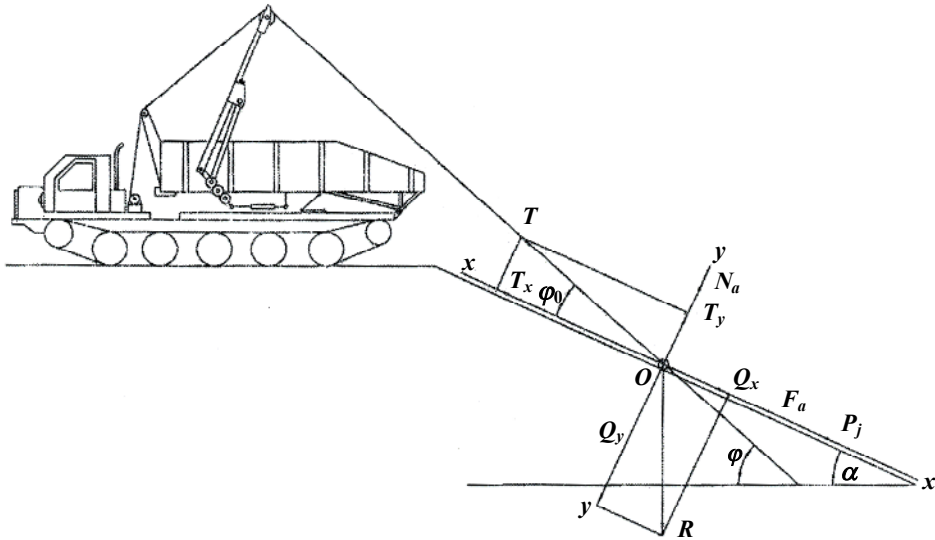
$$T = Q \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos(\varphi - \alpha) + \mu \sin(\varphi - \alpha)} = 3000 \frac{0,6 \cos 20^\circ + \sin 20^\circ}{\cos(45^\circ - 20^\circ) + 0,6 \sin(45^\circ - 20^\circ)} = 2343 \text{ კგ}. \quad (49)$$

სადაც  $\mu$  – ტვირთის უძრავ საყრდენთან ხახუნის კოეფიციენტი;

$Q$  – ტვირთის – მოჭრილი ხის წონა, კგ;

$\alpha$  – ფერდობის დახრის, ანუ გზის აწვევის კუთხე, გრად;

$\mu$  – კუთხე, რომელსაც ბაგირის მოძრაობის მიმართულება ადგენს ჰორიზონტალთან, გრად.



ნახ. 9. მთა-ის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის წვევის ძალის საანგარიშო სქემა

საანგარიშებია, აგრეთვე, ჯალამბრის დოღზე მოსული წვევის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ბლოკების და ბაგირის საყრდენებზე სრიალის ხახუნის წინააღმდეგობების გათვალისწინებით  $T_{\text{ღ}} = 3063$  კგ, ამასთან, დადგენილია ჯალამბრის ამძრავის სიმძლავრე  $N = 40,8$  ცხ.ძ.

დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე განსაზღვრულია წინააღმდეგობის ძალის მნიშვნელობა ტვირთის ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევის დროს

$$\begin{aligned}
 P &= (G_{\text{ვ}} + nQ)(\omega_{\text{ვ}} \pm i) + (1-n)Q(\omega_{\text{ბ}} + i) \cdot \left( \frac{\omega_{\text{ვ}}}{\text{ctg}\beta + \omega_{\text{ბ}}} + \frac{1}{1 + \omega_{\text{ბ}} + \text{ctg}\beta} \right) = \\
 &= (13600 + 0,6 \cdot 8000)(0,2 \pm \text{tg}20^\circ) + (1 - 0,6) \times 8000(0,6 + \text{tg}20^\circ) \times \\
 &\times \left( \frac{0,2}{\text{ctg}11^\circ 20' + 0,6} + \frac{1}{1 + 0,6 + \text{ctg}11^\circ 20'} \right) = \\
 &= 18400 \cdot (0,2 \pm 0,36397) + 3200 \cdot (0,6 + 0,36397) \cdot 0,6, \tag{50}
 \end{aligned}$$

საიდანაც  $P_{\text{max}} = 12229$  კგ,  $P_{\text{min}} = -1167$  კგ,

სადაც  $G_{\text{ვ}}$  – აგრეგატის წონა, კგ;

$n$  – აგრეგატის ძარაზე დადებული ტვირთის ნაწილის განმსაზღვრელი კოეფიციენტი;

$i$  – გზის დახრის კუთხის ტანგენსი;  
 $\omega_s$  – აგრეგატის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;  
 $\omega_\phi$  – ტვირთის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი;  
 $\beta$  – შეკრულასა და სატრანსპორტო გზას შორის კუთხე.  
 მიახლოებითი ანგარიშის დროს შეიძლება მივიღოთ:

$$\frac{\omega_s}{ctg\beta + \omega_\phi} + \frac{1}{1 + \omega_\phi + tg\beta} = 1,$$

მაშინ

$$P_{\max} = 13463 \text{ კგ}, \quad P_{\min} = -67 \text{ კგ}.$$

მთა-ის მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალის საანგარიშო ფორმულას, როცა  $n=1$ , ექნება შემდეგი სახე:

$$P = (G_s + Q)(\omega_s \pm i) = 18600(0,2 \pm 0,36397), \quad (51)$$

საიდანაც  $P_{\max} = 10490 \text{ კგ}$ ,  $P_{\min} = -3050 \text{ კგ}$ .

თუ მთა-ით ტვირთი გადაადგილდება მთლიანად მიწაზე თრეკით, ე.ი.  $n=0$ , გვექნება:

$$P = G_s(\omega_s \pm i) + Q(\omega_\phi + i) = 13600(0,2 \pm tg 20^\circ) + 8000(0,6 \pm tg 20^\circ), \quad (52)$$

საიდანაც  $P_{\max} = 15382 \text{ კგ}$ ,  $P_{\min} = -5482 \text{ კგ}$ .

ამასთან, თუ მივიღებთ, რომ  $T_0 = P$ , მაშინ წინააღმდეგობის ძალების საანგარიშო ფორმულებიდან დადგენილია ტვირთის დასაშვები წონების მნიშვნელობები, რომლებიც საჭიროა აგრეგატის მწარმოებლურობის განსაზღვრისათვის ტვირთის სხვადასხვა ხერხით მორთრევის დროს.

### ექსპერიმენტული ნაწილი

ტყეების ეკოლოგიური მდგომარეობის ოპტიმალური შეფასები - სათვის მთიანი რელიეფის თავისებურებების გათვალისწინებით, ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში, ჩატარებულია გარემოზე მანქანა -დანადგარებით ხე -ტყის მორთრევის უარყოფითი ზეგავლენის გამოკვლევა, გამოკვლეულია აგრეთვე წინა წლების ჭრაგავლილი ტყესაკაფები, სადაც ხე -ტყის ტრანსპორტირება

ხორციელდება: მიწაზე თრევით, ნახე ვრად დატვირთულ და მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში. ამ მიზნებისათვის გამოყენებულია მორსათრევი მუხლუხა TT-4 და თელიანი T-157 ტრაქტორები. შესწავლილია ძველი არსებული მორსათრევი, მოუხრეშავი სატრაქტორო გზები. ექსპერიმენტებით მიღებული ნაკვალევის საშუალო ჩაღრმავების სიდიდეების მნიშვნელობები მშრალ ამინდში და წვიმის შემდეგ შეტანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

სატრანსპორტო საშუალება	ნაკვალევის სიღრმე მშრალ ამინდში, სმ	ნაკვალევის სიღრმე წვიმის შემდეგ, სმ	შოლტის მორთრევისას გამოწვეული ნაკვალევის სიღრმე	
			მშრალ ამინდში, სმ	წვიმის შემდეგ, სმ
T-157	7,7	21	9,5	22
TT-4	8,5	23	10,0	25

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე მიღებულია რეკომენდაციები.

ჩაჭიდების კოეფიციენტის  $\varphi$  და ჩამოცურების მდგრადობაზე ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის დასადგენად, ამბროლაურის სატყეოში ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე ხამთრისა და ზაფხულის პერიოდებში დადგენილია მთა-ის ქანობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელობები ჩამოცურებაზე ზამთარში:  $15^{\circ} - 25^{\circ}$  და ზაფხულში  $20^{\circ} - 37^{\circ}$ , შესაბამისად მუხლუხას ნიადაგთან ჩაჭიდების კოეფიციენტის მნიშვნელობები იქნება:  $\varphi = 0,3 - 0,5$  და  $\varphi = 0,4 - 0,8$ .

ექსპერიმენტისათვის გამოყოფილ ტყესაკაფზე ნიადაგის სიმკვრივის კოეფიციენტის და გადაადგილებაზე შუბლა წინააღმდეგობის განსაზღვრის მიზნით მიღებულია, რომ ღიანდის სიღრმე  $h_0$  ძირითადად დამოკიდებულია ტრაქტორის სავალი ნაწილის კონსტრუქციაზე და ნიადაგის მექანიკურ თვისებებზე.

მთა-ის მასისაგან გამოწვეული დაწოლა მუხლუხას საყრდენ ზედაპირზე მიიღება თანაბარი, ხოლო ნიადაგის დაძაბულობის  $\sigma$  სიდიდე შეიძლება მიღებული იქნას მუხლუხას ნიადაგში ჩაღრმავების  $h_0$ -ის პროპორციულად. აღნიშნული დაშვებების გათვალისწინებით, შეიძლება დავწეროთ შემდეგი თანაფარდობა განტოლების სახით:

$$G = 2\sigma b l_6 = 2Ch_0 b l_6, \quad (53)$$

ერთ-ერთი დაშვების მიხედვით  $\sigma = Ch_0$ ,

სადაც  $C$  – ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტი, კგ/სმ<sup>3</sup>;

$h_0$  – ნიადაგში მუხლუხას ჩაღრმავება, მმ;

$b$  – მუხლუხა ჯაჭვის სიგანე, 50 სმ;

$l_6$  – მუხლუხას საყრდენი ზედაპირის სიგრძე 237,2 სმ;

$G$  – დატვირთული ან დაუტვირთავი მთა-ის წონა, შესაბამისად 18600 კგ და 13600 კგ.

ფორმულიდან (53)

$$C = \frac{G}{2h_0 b l_6}. \quad (54)$$

ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებით მუხლუხას დაწოლით წარმოქმნილი ლიანდის ჩაღრმავების და ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, მთა-ის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში შეტანილია ცხრილში 2 და აგებულია ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის ცვალებადობის დიაგრამა ნიადაგში ლიანდის ჩაღრმავების სიღრმისაგან დამოკიდებულებით (ნახ. 10 ).

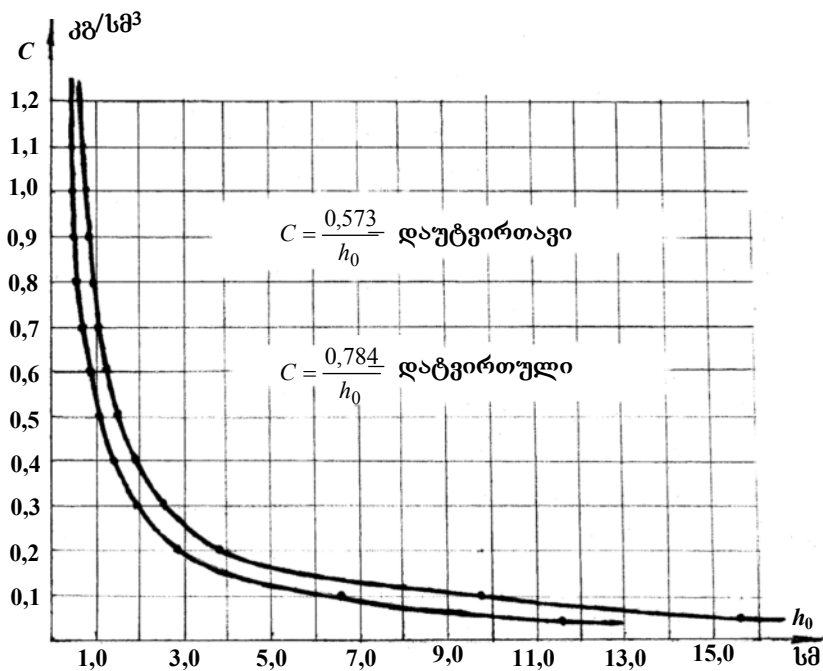
ცხრილი 2

№	დაუტვირთავი		დატვირთული	
	$h_0$ , მმ	$C$ , კგ/სმ <sup>3</sup>	$h_0$ , მმ	$C$ , კგ/სმ <sup>3</sup>
1	15,2	0,04	18,7	0,041
2	10,7	0,05	14,5	0,054
3	7,6	0,08	10,3	0,076
4	5,0	0,11	6,8	0,115
5	4,5	0,12	6,1	0,128
6	4,1	0,13	5,4	0,145
7	3,8	0,15	5,1	0,154
8	3,6	0,16	4,8	0,163
9	3,2	0,18	4,3	0,182
10	2,7	0,21	3,6	0,217
11	2,5	0,23	3,3	0,237
12	2,1	0,27	2,8	0,28
13	1,8	0,31	2,4	0,326

შუბლა წინააღმდეგობის ძალა მუხლუხებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$P_{\text{შ}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \sigma b l_{\text{რგ}} \sin \alpha = b c h_0^2, \quad (55)$$

სადაც  $l_{\text{რგ}}$  – ჯაჭვის ერთი რგოლის სიგრძე, 150 მმ.



ნახ. 10

ფორმულაში (55)  $h_0$ -ის მნიშვნელობის  $h_0 = \frac{G}{2bcl_6}$ , შეტანიოთ საბოლოოდ მივიღებთ შუბლა წინააღმდეგობის განმსაზღვრელ ფორმულას

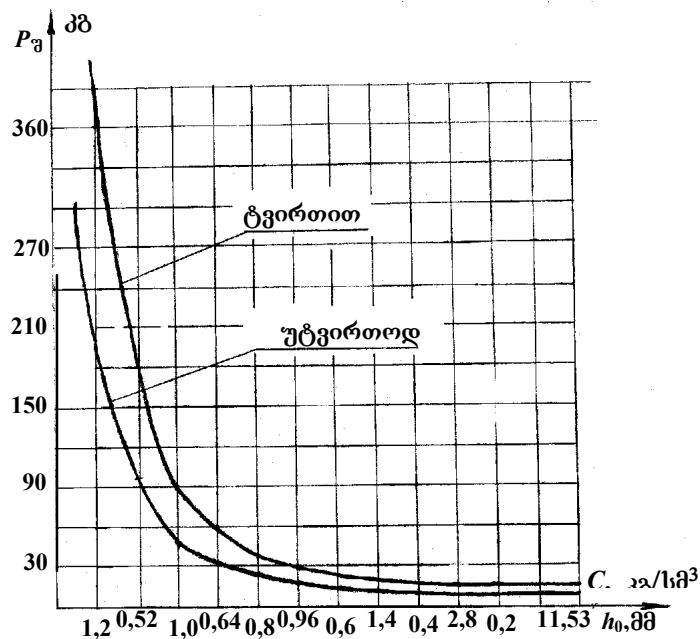
$$P_a = \frac{G^2}{4bcl_6^2} = \frac{18600^2}{4 \cdot 50 \cdot 0,154 \cdot 237,2^2} = 1,99 \text{ კნ.}$$

დატვირთულ მდგომარეობაში მთა-ის შუბლა წინააღმდეგობის ძალა ამბროლაურის სატყეო უბანზე ჩატარებული ცდების საფუძველზე, გავრცელებული ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის მნიშვნელობისათვის  $C = 0,154$  კგ/სმ<sup>3</sup>, ტოლია 1,99 კნ.

შუბლა წინააღმდეგობის სხვა მნიშვნელობები,  $C = 0,04$ -დან  $C = 0,31$  კგ/სმ<sup>3</sup>-მდე მნიშვნელობებისათვის შეტანილია ცხრილში 3 და აგებულია შუბლა წინააღმდეგობის ძალი ს ცვალებადობის დიაგრამა ნიადაგის სიმყარის  $C$  კოეფიციენტთან დამოკიდებულებაში (ნახ. 11).



№	დაუტვირთავი		დატვირთული	
	C, კგ/სმ <sup>3</sup>	P <sub>ა</sub> , კგ	C, კგ/სმ <sup>3</sup>	P <sub>ა</sub> , კგ
1	0,04	410,8	0,041	749,8
2	0,05	328,6	0,054	569,3
3	0,08	205,8	0,076	404,5
4	0,11	149,4	0,115	267,3
5	0,12	136,9	0,128	240,2
6	0,13	126,4	0,145	212,0
7	0,15	109,5	0,154	199,6
8	0,16	102,7	0,163	188,6
9	0,18	91,3	0,182	168,9
10	0,21	78,2	0,217	141,7
11	0,23	71,4	0,237	129,7
12	0,27	60,9	0,280	109,8
13	0,31	53,0	0,326	94,3



ნახ. 11

**დასკვნა**

1. მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე -ტყის დამზადების მექანიზებული ტექნოლოგიური პროცესი რთულია და დაკავშირებულია მეტყევეობის მკაცრ ეკოლოგიურ მოთხოვნებთან, რომლებიც მოქმედებენ საქართველოში შერჩევითი ჭრების განხორციელების დროს; აღნიშნული ეკოლოგიური მოთხოვნები შეუთავსებელია, როგორც ხე -ტყის დამზადების არსებულ ტექნოლოგიასთან, ასევე ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციი ს ტექნოლოგიურ სქემებთან და

მორსათრევ ტექნიკასთან, რაც თავის მხრივ ქმნის სამანქანო აგრეგატების მოქმედების სფეროდან ტყის მნიშვნელოვანი საექსპლუატაციო ფართობების ამოვარდნის საშიშროებას; ამასთან, არსებული ტექნოლოგიური სქემები არ ითვალისწინებენ მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმული ტყესაკაფების ათვისებას, რომლებიც მოითხოვენ ხეტყის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის ოპერაციების თანმიმდევრობას და მანქანა-დანადგარების შერჩევის სრულიად განსხვავებულ მიდგომას; ამავე დროს ტრაქტორ TT-4-ის ბაზაზე შექმნილ მორსათრევ აგრეგატს, რომელიც აღჭურვილია ძარა-ისრის თვითმტვირთავი მექანიზმით, აქვს უარყოფითი მხარე – არ შეუძლია ტყესაკაფზე მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ერთი ოპერაციიდან მეორე მექანიზმებზე წესით გადასვლა, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია სამუშაო დროის ზედმეტ ხარჯვასთან და მწარმოებლურობის შემცირებასთან.

სადისერტაციო ნაშრომში ი გათვალისწინებულია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის, საწვევ-საექსპლუატაციო გაანგარიშების და ექსპერიმენტული კვლევების მეთოდის დადგენა, ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით.

2. მეოთხე ჯგუფის ცვალებადი დახრილობის ტყესაკაფებისათვის დამუშავებულია კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი №9 ტექნოლოგიური სქემა, სადაც გადაწყვეტილია აღნიშნულ პირობებში ხეტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესების ოპერაციების განხორციელების დასაბუთებული თანმიმდევრობა, გამოყენებული მანქანა-დანადგარების ტიპები და მუშაობის ტექნოლოგიურად, ტექნიკურად და ეკონომიკურად გამართლებული ოპტიმალური ვარიანტი.

3. შექმნილია მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი სრულიად ახალი ძარა-ისრის მექანიზმით, რომელიც სტრუქტურულად შედგება ძარის სახსრულ-ბერკეტული და ისრის სახსრულ-ბერკეტული და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმების საგან; ამასთან, მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერაციის მიხედვით მოქმედებაში მოდის: ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი მთლიანად; ან ძარის სახსრულ-ბერკეტული

მექანიზმი; ან ისრის, შესაბამისად, სახსრულ-ბერკეტული და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმები ცალ -ცალკე; ე.ი. ძარა -ისრის ცამეტროლა. სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი სხვადასხვა რაოდენობის რგოლებითა და სახეობის კინემატიკური წყვილებით სტრუქტურულად გარდაიქმნება, სხვადასხვა ფუნქციის მატარებელ ძარისა და ისრის ერთ და ორ თავისუფლების ხარისხიან სახსრულ -ბერკეტულ და სახსრულ -ბერკეტულ-კბილანურ მექანიზმებად, რაც საშუალებას გვაძლევს მექანიზმების წესით ვაწარმოოთ მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია, მათ შორის ძარაზე შეკრულას დაბმ-დაფიქსირება, ხელით შრომის გარეშე.

4. დამუშავებულია მეთოდისა და მოდერნიზებული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევად განსაზღვრულია ინერციის მომენტების მნიშვნელობები:  $I_{4x_0x_0}$  - დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ;  $I_{4x_4x_4}$  - დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი სიმძიმის  $S_4$  ცენტრში გამავალი  $x_0x_0$  ღერძის პარალელური  $x_4x_4$  ღერძის მიმართ;  $I_{3x_0x_0}$  - მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას ინერციის მომენტი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ;  $I_{3x_3x_3}$  - მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას ინერციის მომენტი შეკრულას  $S_3$  სიმძიმის ცენტრში გამავალი,  $x_0x_0$  ღერძის პარალელური,  $x_3x_3$  ღერძის მიმართ და ბოლოს  $I_{\Sigma x_0x_0}$  - მთა-ის ჯამური ინერციის მომენტი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ;

5. მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის პარამეტრების დასადგენად, დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე, ჩატარებულია შემდეგი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები:

- შედგენილია აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლება, ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის წიბოზე, გამავალი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ, რაც აგრეგატის მრუდწირული გადაადგილების დროს გადაყირავების დაწყების მომენტიდან წარმოადგენს აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას;

– მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ვაკუუმ მრუდწირული მოძრაობის დროს განივი მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, განსაზღვრულია ცენტრიდანული აჩქარებ ის და სიჩქარის კრიტიკული მნიშვნელობები: დაუტვირთავი  $a_1 = 6,9 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j1} = 3,7 \text{ მ/წმ}$  და დატვირთულ  $a_3 = 6,5 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j1} = 3,6 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში; ამ შემთხვევაში მთა-ის განივი მდგრადობა არ დაირღვევა, რადგანა ც აგრეგატის მაქსიმალური სიჩქარე ნაკლებია თეორიული კვლევებით მიღებულ კრიტიკულ სიჩქარეებზე: დაუტვირთავ  $V = 2,84 \text{ მ/წმ} < V_{j1} = 3,7 \text{ მ/წმ}$  და დატვირთულ  $V = 2,84 \text{ მ/წმ} < V_{j3} = 3,6 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში.

– მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, განსაზღვრულია ცენტრიდანული აჩქარების და სიჩქარის კრიტიკული მნიშვნელობები: დაუტვირთავ  $a_2 = 2,6 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j2} = 2,28 \text{ მ/წმ}$  და დატვირთულ  $a_4 = 2,7 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j4} = 2,32 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში. ამ შემთხვევაში განივი მდგრადობა დაირღვევა, რადგანა ც აგრეგატის მაქსიმალური სიჩქარე მეტია თეორიული კვლევებით მიღებულ კრიტიკულ სიჩქარეებზე: დაუტვირთავ  $V = 2,84 \text{ მ/წმ} > V_{j2} = 2,28 \text{ მ/წმ}$  და დატვირთულ  $V = 2,84 \text{ მ/წმ} > V_{j4} = 2,32 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში;

– მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, ფერდობზე აღმართის მხარეს მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84 \text{ მ/წმ}$  მობრუნების დროს, როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას, განსაზღვრულია ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის მნიშვნელობები:  $\alpha_{h1} = 12^\circ 39'$ ,  $\alpha_{h2} = 11^\circ 7'$  შესაბამისად აგრეგატის დაუტვირთავ და დატვირთულ მდგომარეობაში; ამასთან, მთა-ის განივი მდგრადობის პირობის ტრანს ცენდენტული განტოლება, ამოხსნის მიზნით, გადაყვანილია გაწრფივებულ მოდელში, სადაც  $\sin$  და  $\cos$  ფუნქციები განხილულია ნაზრდებში;

– მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალური განტოლებიდან განსაზღვრულია  $t$  დრო, რომელიც შეესაბამება პერიოდს. გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე;

მიღებულია, რომ მთა-ის კრიტიკული სიჩქარით მრუდწირული მოძრაობის დროს, მაქსიმალური  $t$  დრო გადაბრუნების დაწყების მომენტიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე ტოლია 0,72 წმ -ისა; გამომდინარე აქედან, ექსტრემალურ პირობებში კრიტიკული სიჩქარით მოძრაობის დროს ტრაქტორისტი, დროის სიმცირის გამო ვერ მოასწრებს რეაგირებას და აგრეგატი გადაყირავდება.

6. ჩატარებულია კვლევები მთა-ის ჯალამბრის საწვევ - საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად, კერძოდ, განსაზღვრულია ჯალამბრის საწვევ ბაგირზე ე მოდებული წვევის ძალის მნიშვნელობა, როგორც დოლამდე არსებული წინააღმდეგობების გათვალისწინების გარეშე, ასევე აღნიშნულ წინააღმდეგობებთან ერთად; ანგარიშით მიღებული წვევის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით, განსაზღვრულია ჯალამბრის ამძრავის სიმძლავრე; ამასთან, თეორიული კვლევით დასაბუთებულია, რომ საწვევი ბაგირით მორთრეული მოჭრილი ხის ან შოლტის მოძრაობის სიჩქარე და აჩქარება, აგრეგატის ისართან მიახლოების დროს უმნიშვნელოდ იცვლება და წვევის ძალის სიდიდეზე გავლენას არ ახდენს.

7. ჩატარებულია კვლევები მოდერნიზებული მთა-ის საწვევ - საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად. ექსტრემალურ პირობებში აღმართზე და დაღმართზე მთლიანად დატვირთულ, ნახევრად დატვირთულ და ხეტყის მთლიანად მიწაზე მორთრევის მდგომარეობაში; განსაზღვრულია, დატვირთული და დაუტვირთავი აგრეგატის ჩაჭიდების კოეფიციენტების და შესაბამისად წვევის ძალის მნიშვნელობები; მორთრევის აღნიშნული ხერხების გამოყენების შემთხვევებისათვის განსაზღვრულია აგრეგატით გადაადგილებული ტვირთების მაქსიმალური წონები.

8. დამუშავებულია მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებიდან და ვ იზუალური დაკვირვებებიდან დადგენილია, რომ სამთო პირობებში ტყესაკაფზე ხე -ტყის მორთრევა, აუცილებელია ხორციელდებოდეს მუხლუხა ტრაქტორებით, მათ შორის მთა-ით ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე, ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდებში, დადგენილია, მთაის ქანობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელობები ჩამოცურებაზე: ზამთარში  $15^{\circ}-25^{\circ}$  და ზაფხულში  $20^{\circ}-37^{\circ}$ ; შესაბამისად, მუხლუხას ნიადაგთან ჩაჭიდების კოეფიციენტის მნიშვნელობებია  $\varphi = 0,3-0,5$  და  $\varphi = 0,4-0,8$ .

იგივე პირობებში, ტრაქტორის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში, როგორც ტყის ყამირი ნიადაგების, ასევე საკაბლო გზებისთვის შესწავლილია ლიანდის წარმოქმნის პროცესი და განსაზღვრულია მუხლუხას ნიადაგში ჩაღრმავების და შუბლა წინააღმდეგობის მნიშვნელობები; შედგენილია ცხრილები და აგებულია დიაგრამები, რომლებიც ასახავენ ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის და შუბლა წინააღმდეგობის ცვალებადობას ლიანდის ჩაღრმავებასთან დამოკიდებულებაში.

9. ნაშრომში ჩატარებულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესის ეკონომიკური ანგარიში ახალი № 4ა ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს ცვალებადი დახრილობის ფერდობების შემცველი მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფების ათვისებას, სადაც მორთრევა საჭიროა ვაწარმოთ სხვადასხვა სახის მანქანა-დანადგარებით; ეკონომიკური ანგარიშიდან გამომდინარე, ძირითადი საწარმოო ფონდებს და საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულების გათვალისწინებით 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევაზე დანახარჯები შეადგენს 54,46 ლარს.

10. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე ნაშრომში გადაწყვეტილია მნიშვნელოვანი სამეცნიერო -ტექნიკური პრობლემა, დაკავშირებული მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის რთული ტექნოლოგიური პროცესის სრულყოფასთან; ამასთან, შექმნილია მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, რომელიც უზრუნველყოფს მორთრევას ავტომატურ რეჟიმში მთლიანად მექანიზებული წესით.

## გამოქვეყნებული შრომების სია

1. მოსულიშვილი დ., ჭელიძე ნ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ., გოგოტიშვილი მ., მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ძარა-ანძის მექანიზმის ძიება და კვლევა“, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, 2014, №7, გვ.45-49
2. მოსულიშვილი დ., ჭელიძე ნ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ., გოგოტიშვილი მ. მოდერნიზებული თვითმტვირთავი მორსათრევი აგრეგატის მექანიზმების დამუშავება, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, 2014, №7, გვ.50-52.
3. ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., დარახველიძე გ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ჩამოცურებაზე ფერდობის კრიტიკული კუთხის და ნიადაგის სიმკვრივის კოეფიციენტის განსაზღვრა . ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი ნაშრომების კრებული, თბილისი, 2014, №3 (31), გვ.141-150
4. ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., დარახველიძე გ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის გადაადგილებაზე შუბლა წინააღმდეგობის განსაზღვრა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი ნაშრომების კრებული, თბილისი, 2014, №3 (31), გვ. 151-158.
5. მოსულიშვილი დ., ჭელიძე –ტყემალაშვილი ნ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ., გოგოტიშვილი მ., ნაჭყებია დ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ჯალამბრით ხე-ტყის მორთვევაზე წვევის ძალის და სიმძლავრის განსაზღვრა. სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2014, №8, გვ.43-49.
6. მოსულიშვილი დ., ჭელიძე –ტყემალაშვილი ნ., ტყემალაძე რ., ბალამწარაშვილი ზ., გოგოტიშვილი მ., ნაჭყებია დ. საქართველოს მთაგორიანი პირობებისათვის მეოთხე ჯგუფის ტყეკაფების ასათვისებლად ახალი № 9 ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2014, №8, გვ.50-54.
7. დარახველიძე გ., ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., ნაჭყებია დ. ხვადასხვა დახრილობის მთაგორიანი ტყეკაფებისათვის კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი ახალი №7 ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2015, №9, გვ.50-54
8. დარახველიძე გ., ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., ნაჭყებია დ. ЛЕСА ГРУЗИИ И ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ГОРНЫХ ЛЕСОСЕК, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2015, №9, გვ.43-49
9. დარახველიძე გ., მეზვრიშვილი ლ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარის მზიდი ბაგირის პარამეტრების განსაზღვრის ექსპერიმენტული და პარაბოლის მეთოდების ანალიზი, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2016, №11, გვ.47-50.
10. დარახველიძე გ., მეზვრიშვილი ლ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ჭელიძე-ტყემალაშვილი ნ., განივგადასატანი საბაგირო

მორსათრევი დანადგარის ჩა კეტილკონტურიანი მოძრავი მზიდი ბაგირის ჩაკიდულობის ისრის განსაზღვრა ექსპერიმენტით და პარაბოლის მეთოდით, სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო –პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2016, №11, გვ.51-55.

11. დარახველიძე გ., მეზვრიშვილი ლ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., განიგვადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარის ჩაკეტილკონტურიანი მზიდი ბაგირის გაანგარიშების მეთოდიკის დამუშავება ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების მო ნაცემების გათვალისწინებით, სატყეო მოამბე, საერთა – შორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2016, №11, გვ.56-60
12. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., დაუტვირთავი მორსათრევი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს. ტრანსპორტი და მანქა-ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №1(35) გვ.37-44
13. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., დაუტვირთავი მორსათრევი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე მრუდწირული მოძრაობის დროს , ტრანსპორტი და მანქა –ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო –კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №1(35) გვ.45-50
14. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., დატვირთული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს , ტრანსპორტი და მანქა –ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამე ცნიერო-კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №2(36), გვ. 56-64.
15. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., დატვირთული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე მრუდწირული მოძრაობის დროს , ტრანსპორტი და მანქა – ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო –კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №2(36), გვ. 65-72.
16. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დაუ ტვირთავი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მრუდწირული მოძრაობის დროს , ტრანსპორტი და მანქა –ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო –კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №3(37), გვ. 39-45.
17. ჭელიძე-ტყემელაშვილი ნ., ბალამწარაშვილი ზ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., დარახველიძე გ., ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დატვირ თული მორსათრევი თვით მტვირთავი აგრეგატის მრუდწირული მოძრაობის დროს , ტრანსპორტი და მანქა –ნათმშენებლობა, სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო –კვლევითი ნაშრომების კრებული. თბილისი, 2016, №3(37), გვ.46-53



18. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტბე ზ., ტყემალაძე რ., ჭელიძე –ტყემელაშვილი ნ., მოსულიშვილი დ., აბაიშვილი ვ., გოგოტიშვილი მ., ხე–ტყის ორმხრივი განივად გადასატანი საბაგრო მორსათრევი დანადგარი, საქპატენტი, პატენტი, P6291, 2015.
19. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტბე ზ., ტყემალაძე რ., ჭელიძე –ტყემელაშვილი ნ., მოსულიშვილი დ., აბაიშვილი ვ., გოგოტიშვილი მ., ავტომატიზებული მორსა–თრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, საქპატენტი, პატენტი, P6403, 2015.
20. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტბე ზ., მჭედლიშვილი თ. დარახველიძე გ., ნავროზაშვილი ბ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ., ჭელიძე–ტყემელაშვილი ნ., ნაჭყებია დ., ორმხრივი საბაგრო მორსათრევი დანადგარი განივად გადასატანი ჩაკეტილკონტურიანი მზიდი ბაგირით, საქპატენტი, პატენტი, P6536, 2016.

## Abstract

The following development of scientific -technical progress is tightly associate d with the perfectness of the production, founded to the creation and the implementation of machines -installations having high productivity for effective technologies, laborious enterprise process for the mechanization and automation. In this affair especially the complex mechanization has the great role, in time of which the machines accomplish all operations of the technological process.

In conditions of mountainous relief, following from difficulty of the technological process of wood manufacturing, the most consuming phase is considered the bringing from the wood top till upper warehouse. It is known, that the forest clearances disposed on the mountains of Georgia make up 97% of the area covered with the forest. It is also known, that the uninterrupted d increasing of forest consumption provokes the infraction of balance of the forest, which makes necessary the taking on anterior stage of wood manufacturing and transportation, for the realization of the principle of uninterrupted, equal profit from the forest.

Besides above mentioned problems, on mountainous clearances, the incompatibility of log techniques with the ecological conditions presents the main problem of wood - forest, which from its side creates the danger of the falling out of important exploitation areas from the filed of the action of machines aggregates.

In mountain conditions for today it is elaborated the technological schemas of the complex mechanization, in which is used the specialized tractor of log dragging TT-4 and self loader aggregate of log dragging (SLALD). This time the specialized log dragging tractor TT - 4 realizes the dragging of the scourge and logs only in half charged situation, but self loader aggregate of log dragging, equipped with joint -lever mechanism of body -arrow, realizes the dragging of the log in half charged and totally charged situation.

It is noticeable, that self loader aggregate e of log drag ging and especially the specialized log dragging tractor TT -4, with acted mechanisms and arrangements, do not ensure the accomplishment of all the operations of the technological process with mechanized rule.

In above mentioned thesis workshop, it is created the self loader aggregate of log dragging is completely equipped with joint -lever-tooth gear of new body -arrow, which from the difference of self loader aggregate of log dragging can realize all the operations of the technological process of log draggi ng of wood -forest on wood -clearance with mechanized rule in automatic regime, among them the knot the fixing-fixation on the body.

Then workshop for forest clearances of the changeable inclination of the fourth group is elaborated the technological scheme N 9 environmentally safely of the complex mechanization.

In the thesis workshop the research of transverse sustainability of the movement of self loader aggregate of log dragging has the great attention, for which on basis of elaborated methodic from the theoretical researches realized it is established: in time of turn with the minimal radius on platform of self loader aggregate of log dragging the importance of critical speed of the movement, conformably  $V_{k1} = 3,7$  m/second and  $V_{k3} = 3,6$  m/second; on plateau of chargeable and non chargeable of self loader aggregate of log dragging with transverse direction on side of the ascent in time of turn with the minimal radius the importance of critical speed of the movement, conformably  $V_{k2} = 2,28$  m/second and  $V_{k4} = 2,32$  m/second; this time it is argued, that in first case with the maximal speed of the aggregate  $V = 2,84$  m/second self loader aggregate of log dragging is stable, but in other case in the same conditions-unsustainable.

In the workshop, also it is defined: in time of the movement with the maximal speed  $V = 2,84$  m/second, the defined importance of the corner of the plateau inclination, with minimal radius of the aggregate in time of turn ascent side in unchargeable and chargeable situation, conformably, conformably  $\Delta\alpha_{z1} = 12^\circ 39'$  and  $\Delta\alpha_{z2} = 11^\circ 7'$ ; - also it is defined time duration from the turn beginning of the aggregate till intransitive situation, on plateau of unchargeable and chargeable aggregate and on the plateau in time of turn with minimal radius on the plateau. The maximal importance of time is equal to 0,72 second, which means, that the turn of the aggregate suddenly becomes.

For the establishment of technological and technical parameters is realized the calculations of tracking -exploitation and in extreme conditions of self loader aggregate of log dragging on ascent and on descent totally in time of working in log dragging situation on the ground totally of charged, half charged and wood-forest.

On basis of elaborated methodic from the realized experimental researches it is established, that the meanings of the critical corner of the inclination of self loader aggregate of log dragging on sliding: in winter  $15^\circ - 25^\circ$  and in summer  $20^\circ - 37^\circ$ ; conformably caterpillar the meanings of the coefficient of the grasp with the soil are  $\mu = 0,3 - 0,5$  and  $\varphi = 0,4 - 0,8$ . Also it is defined in the soil of the caterpillar the meanings of depth and frontal contrariety.

On basis of theoretical and experimental researches in the workshop it is decided, the important scientific -technical problem, which it is associated, that on forest clearances of mountain with the complete realization of the most difficult technological process.