

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნათია ჭელიძე-ტყეშელაშვილი

მთავარიან ტექნოლოგიებზე ხე-ტყის დამზადებისათვის  
კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების  
და მანქანა-დანადგარების შერჩევა და კვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

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

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
2017 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

ჩვენ, ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ნათია ჭელიძე-ტყეშელაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით „მოთაგორიან ტყეკაფებზე ხე -ტყის დამზადე ბისათვის კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების და მანქანა - დანადგარების შერჩევა და კვლევა “ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

„\_\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 2017 წ.

ხელმძღვანელი:

პროფესორი

ზ. ბალამწარაშვილი

---

რეცენზენტი:

ტ.მ.დ. პროფესორი

თ. მჭედლიძე

---

რეცენზენტი:

ტ.მ.კ.

ნ. მახარაძე

---

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნათია ჭელიძე-ტყეშელაშვილი

მთაგორიან ტყეკაფებზე ხე-ტყის დამზადებისათვის  
კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების  
და მანქანა-დანადგარების შერჩევა და კვლევა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
2017 წელი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე. ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციალურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

ავტორის ხელმოწერა \_\_\_\_\_

## რეზიუმე

სამეცნიერო ტექნიკური პროგრესის შემდგომი განვითარება მჭიდროდ არის დაკავშირებული წარმოების სრულყოფასთან, დაფუძნებული ეფექტური ტექნოლოგიების, შრომატევადი საწარმოო პროცესების მექანიზაციისა და ავტომატიზაციისათვის მაღალმწარმოებლური მანქანა-დანადგარების შექმნასთან და დანერგვასთან. ამ საქმეში განსაკუთრებით დიდი როლი ენიჭება კომპლექსურ მექანიზაციას, რომლის დროსაც ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციას ასრულებენ მანქანები.

მთავორიანი რელიეფის პირობებში, ხე-ტყის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის სირთულიდან გამომდინარე, ყველაზე შრომატევად ფაზად ითვლება მორთრევა ჯირკიდან ზედა საწყობამდე. ცნობილია, რომ საქართველოს მთებზე განლაგებული ტყესაკაფები შეადგენს ტყით დაფარული ფართობის 97% -ს. ცნობილია ისიც, რომ ტყის მოხმარების განუწყვეტელი ზრდა იწვევს გარემოს ბალანსის დარღვევას, რაც აუცილებელს ხდის ხე-ტყის დამზადების და ტრანსპორტირების საკითხის წინა პლანზე დაყენებას, ტყიდან უწყვეტი, თანაბარი სარგებლობის პრინციპის განსახორციელებლად.

გარდა ზემოთ აღნიშნული პრობლემების მთავორიანი ტყესაკაფებზე ხე-ტყის დამზადების ძირითად პრობლემას წარმოადგენს მოსართრევი ტექნიკის ეკოლოგიურ პირობებთან შეუთავსებლობა, რაც თავის მხრივ ქმნის სამანქანო აგრეგატების მოქმედების სფეროდან მნიშვნელოვანი საექსპლუატაციო ფართობების ამოვარდნის საშიშროებას.

სამთო პირობებში დღეისათვის დამუშავებულია კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები, რომლებშიც გამოყენებულია სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4 და მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ( მთა). ამასთან, სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4 შოლტების და მორების მორთრევას ახორციელებს მხოლოდ ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში, ხოლო მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, აღჭურვილი ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმით, მორთრევას ახორციელებს ნახევრად დატვირთულ და მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

აღსანიშნავია, რომ მთა და განსაკუთრებით სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4, თავისი შემსრულებელი მექანიზმებით და მოწყობილობებით, ვერ უზრუნველყოფენ ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციის შესრულებას მექანიზებული წესით.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში, შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი აღჭურვილი სრულიად ახალი ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელსაც ცნობილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატისაგან განსხვავებით შეუძლია ავტომატურ რეჟიმში, მექანიზებული წესით, განახორციელოს ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია, მათ შორის შეკრულას ძარაზე დაფიქსირება-დაბმა.

ნაშრომი მეოთხე ჯგუფის ცვალებადი დახრილობის ტყესაკაფებისათვის დამუშავებულია კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი № 9 ტექნოლოგიური სქემა.

სადისერტაციო ნაშრომში დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი

მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოკვლევას, რისთვისაც და-  
 მუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული თეორიული გ-  
 მოკვლევებიდან დადგენილია: დაუტვირთავი და დატვირთული მთა-ის  
 ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მოძრაობის კრიტი-  
 კული სიჩქარის მნიშვნელობები, შესაბამისად  $V_{\text{კ1}} = 3,7$  მ/წმ და  $V_{\text{კ3}} = 3,6$   
 მ/წმ; დაუტვირთავი და დატვირთული მთა-ის ფერდობზე განივი მიმარ-  
 თულებით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების  
 დროის მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარი ს მნიშვნელობები, შესაბამისად  
 $V_{\text{კ2}} = 2,28$  მ/წმ და  $V_{\text{კ4}} = 2,32$  მ/წმ; ამასთან დასაბუთებულია, რომ პირველ  
 შემთხვევაში აგრეგატის მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ მთა  
 მდგრადია, ხოლო მეორე შემთხვევაში იგივე პირობებში – არამდგრადი.

ნაშრომში, აგრეთვე განსაზღვრულია: მაქსიმალური სიჩქარით  
 $V = 2,84$  მ/წმ მოძრაობის დროს, ფერდობის დახრის კუთხის ზღვრული  
 მნიშვნელობები, აგრეგატის მინიმალური რადიუსით აღმართის  
 მხარეს მობრუნების დროს დაუტვირთავ და დატვირთულ მდგომარეო-  
 ბაში, შესაბამისად  $\Delta\alpha_{\text{კ1}} = 12^{\circ}39'$  და  $\Delta\alpha_{\text{კ2}} = 11^{\circ}7'$ , ასევე განსაზღვრუ-  
 ღია  $t$  დროის ხანგრძლივი ვიზა აგრეგატის გადაბრუნების დაწყებიდან  
 გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, დაუტვირთავი და  
 დატვირთული აგრეგატის ვაკეზე და ფერდობზე მინიმალური რადიუსით  
 მობრუნების დროს. მიღებული  $t$  დროის მაქსიმალური მნიშვნელობა  
 ტოლია 0,72წმ, რაც იმას ნიშნავს, რომ აგრეგატის გადაბრუნება ხდება  
 მყისიერად.

ტექნოლოგიური და ტექნიკური პარამეტრების დასადგენად  
 ჩატარებულია საწევ -საექსპლუატაციო გაანგარიშებები და მთა-ის  
 ექსტრემალურ პირობებში აღმართზე და დაღმართზე მთლიანად  
 დატვირთულ, ნახევრად დატვირთულ და ხე -ტყის მთლიანად მიწაზე  
 მორთრევის მდგომარეობაში მუშაობის დროს.

დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული  
 ექსპერიმენტული გამოკვლევებიდან 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 მნიშვნელობებია  $\varphi = 0,3-0,5$  და  $\varphi = 0,4-0,8$ .  
 ასევე განსაზღვრულია მუხლუხას ნიადაგში ჩაღრმავების და შუბლა  
 წინააღმდეგობის მნიშვნელობები.

თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე  
 ნაშრომში გადაწყვეტილია, მნიშვნელოვანი სამეცნიერო -ტექნიკური  
 პრობლემა, რომელიც დაკავშირებულია, მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე -  
 ტყის ურთულესი ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელების  
 სრულყოფასთან.

## Abstract

The following development of scientific -technical progress is tightly associated 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 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 field of the action of machines aggregates.

In mountain conditions for today it is elaborated the technological schemes 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 of log dragging 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 dragging 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 schema 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 t 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 t 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  $\varphi = 0,3 - 0,5$  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.

## შინაარსი

შესავალი .....	15
1. ლიტერატურის მიმოხილვა .....	20
1.1. ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები .....	22
1.2. ტყესაკაფი სამუშაოების ტექნოლოგია და მანქანა-დანადგარები მთიან პირობებში .....	24
1.3. მანქანების მოძრაობის მდგრადობა .....	30
1.4. მანქანების განივი მდგრადობა .....	35
1.5. სპეციალიზებული ტრაქტორ TT-4-ის და მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა) სტატიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში .....	41
1.6. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა .....	47
1.6.1. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა $\alpha$ კუთხით დახრილ ფერდობზე დაძვრისა და გაქანების დროს .....	47
1.6.2. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	50
1.7. მანქანის გრძივი მდგრადობა .....	54
1.8. მანქანები მთიან ტყესაკაფებზე .....	58
დასკვნა ლიტერატურის მიმოხილვაზე .....	64
2. შედეგები და მათი განსჯა .....	65
2.1. მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის პრობლემები და მათი გადაჭრის გზების ძიება .....	65
2.2. მთავორიან პირობებში ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ახალი ტექნოლოგია, ტექნოლოგიური სქემები და მანქანა-დანადგარები .....	69
2.2.1. ტყესაკაფი სამუშაოების ახალი ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური სქემები .....	69
2.2.2. ტყესაკაფი სამუშაოების ახალი მანქანა-დანადგარები .....	74
2.3. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოკვლევა .....	84
2.3.1. დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	84
2.3.2. დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის	



კვლევა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	90
2.3.3. ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დაუტვირთავი მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს .....	93
2.3.4. დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	96
2.3.5. დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	101
2.3.6. ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დატვირთული მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს .....	104
2.4. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწევ- -საექსპლუატაციო გაანგარიშება .....	108
2.4.1. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ჯალამბრის წვეის ძალის და სიმძლავრის განსაზღვრა .....	108
2.4.2. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწევ- -საექსპლუატაციო გაანგარიშების მეთოდოლოგია მორსათრევის სხვადასხვა ხერხის გამოყენების დროს .....	116
2.4.3. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწევ- -საექსპლუატაციო პარამეტრების განსაზღვრა .....	119
2.5. ექსპერიმენტული ნაწილი .....	125
2.5.1. გარემოზე მანქანა-დანადგარებით ხე-ტყის მორსათრევის უარყოფითი ზეგავლენის კვლევა .....	125
2.5.2. მოდერნიზებული მთა-ის ჩამოცურებაზე ფერდობის კრიტიკული კუთხის, ნიადაგის სიმკვრივის კოეფიციენტის და გადაადგილებაზე შუბლა წინააღმდეგობის განსაზღვრა .....	128
2.6. ხე-ტყის დამზადების სამუშაო პროცესების ეკონომიკური ანგარიში № 4 <sup>ა</sup> ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით .....	140
დასკვნა შედეგებზე .....	152
3. დასკვნა .....	154
გამოყენებული ლიტერატურა .....	159

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. ნაკვალევის საშუალო ჩაღრმავების მნიშვნელობები მშრალ ამინდში და წვიმის შემდეგ .....	126
ცხრილი 2. მუხლუხას დაწოლით წარმოქმნილი ღიანდის ჩაღრმავების $h_0$ და ნიადაგის სიძვარის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, მთა-ის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში .....	135
ცხრილი 3. შუბლა წინააღმდეგობის ძალის $P_{\text{ა}}$ მნიშვნელობები სიძვარის $C$ კოეფიციენტთან დამოკიდებულებაში .....	136

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის № 1, № 2, № 3 და № 4 ტექნოლოგიური სქემები .....	23
ნახ. 2. ტრაქტორ TT-4-ის ბაზაზე შექმნილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ისრის მუშა მდგომარეობაში .....	26
ნახ. 3. მთა სატრანსპორტო მდგომარეობაში .....	28
ნახ. 4. მთა მორების მორევის მუშა მდგომარეობაში .....	28
ნახ. 5. მანქანის საყრდენი კონტურების სქემა სახსრულად-შეუღლებული ჩარჩოთი .....	32
ნახ. 6. განივ ქანობზე სატრანსპორტო სისტემაზე მოქმედი ძალების სქემა .....	36
ნახ. 7. მორსათრევი ტრაქტორის განივ-კუთხური რხევების სქემა უთანაბრობაზე გადავლის დროს .....	38
ნახ. 8. ტრაქტორ TT-4-ზე და მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში ერთი სიმძიმის ცენტრით .....	42
ნახ. 9. ტრაქტორ TT-4-ზე და მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში TT-4-ის $S_1$ , აგრეგატის $S_4$ და ტვირთის $S_3$ სიმძიმის ცენტრების მიხედვით .....	44
ნახ. 10. მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა, დინამიკური განივი მდგრადობის გამოსაკვლევადად .....	48
ნახ. 11. ცენტრიდანული ძალის საანგარიშო სქემა მთა-ის მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	51
ნახ. 12. თვლიან ტრაქტორზე ძალების მოქმედების სქემა ქანობზე გადაადგილების დროს .....	55
ნახ. 13. თვლიან ტრაქტორზე ძალების მოქმედების სქემა თვლების ჩაჭედვის დროს .....	57
ნახ. 14. მანქანის გამავლობის დაკარგვის ორი სახე, გამოწვეული ოთხი სახეობის დაბრკოლებებით: დაბრკოლებების პროფილები წარმოქმნილი ორი გადაკვეთადი სიბრტყით: ა – დაბრკოლებაზე მიბჯენით; ბ – დაბრკოლებაზე ჩაკიდებით .....	61
ნახ. 15. რთული დაბრკოლება, წარმოქმნილი ორი სიბრტყის გადაკვეთის სერით .....	62
ნახ. 16. თანაფარდობა ძირითადი კონფიგურაციების ზედაპირულ უთანაბრობებს შორის .....	62

ნახ. 17. ერთი კრიტერიუმთაგანი უცნობ ტყესაკაფზე მანქანის მოძრაობის შეფასებისათვის: ა – დაბრკოლების ტიპი; ბ – მორთრევის ხერხები .....	63
ნახ. 18. ფერდობებზე მანქანის მდგრადობის სახეები: ა – განივი; ბ – გრძივი .....	63
ნახ. 19. ტექნოლოგიური სქემა № 9 .....	72
ნახ. 20. ტექნოლოგიური სქემა № 7 .....	73
ნახ. 21. მთა-ის გვერდხედი ძარის და ისრის მექანიზმების დაკეცილ სატრანსპორტო მდგომარეობაში .....	75
ნახ. 22. მთა-ის გვერდხედი ძარის და ისრის მექანიზმების მორსათრევე-დასატვირთ მდგომარეობაში .....	77
ნახ. 23. მთა-ის გვერდხედი ისრის მექანიზმით ძარაზე შეკრულას დაფიქსირებულ მდგომარეობაში .....	77
ნახ. 24. მთა-ის ზედხედი ისრის მექანიზმით ძარაზე შეკრულას დაფიქსირებულ მდგომარეობაში .....	78
ნახ. 25. განივგადასატანი ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარის სქემა .....	82
ნახ. 26. განივგადასატანი ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარის მსდექი (სახერი) .....	82
ნახ. 27. მთა-ის სიმძიმის ცენტრების კოორდინატების საანგარიშო სქემა .....	85
ნახ. 28. დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა .....	86
ნახ. 29. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების $x_0x_0$ ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	87
ნახ. 30. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების $x_0x_0$ ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	91
ნახ. 31. დატვირთული მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა .....	97
ნახ. 32. დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების $x_0x_0$ ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს .....	97
ნახ. 33. დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების $x_0x_0$ ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს .	102
ნახ. 34. მთა-ის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის წვევის ძალის საანგარიშო სქემა .....	109

ნახ. 35. მთა-ის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირით მორთრეული ტვირთის სიჩქარის $V_0$ და აჩქარების $a$ – საანგარიშო სქემა .....	111
ნახ. 36. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში .....	117
ნახ. 37. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა ძარაზე ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში .....	117
ნახ. 38. მთა-ის ხე-ტყის მორთრევა ისარზე ნახევრად დაკიდებულ მდგომარეობაში .....	118
ნახ. 39. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა მიწაზე მორთრევის მდგომარეობაში .....	118
ნახ. 40. ტრაქტორის სავალ ნაწილზე (მუხლუხაზე) მოქმედი ძალების სქემა .....	129
ნახ. 41. მუხლუხა ტრაქტორით ლიანდის წარმოქმნის სქემა .....	131
ნახ. 42. მუხლუხების ნიადაგზე მოქმედებით წარმოქმნილი ნორმალური რეაქციის ძალების განმსაზღვრელი სქემა .....	133
ნახ. 43. ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის ცვალებადობის დიაგრამა .....	135
ნახ. 44. თანაბრადმოქმედი ნორმალური რეაქციის $N$ ჰორიზონტალური მდგენელის შუბლა წინააღმდეგობის ძალის $P_{\text{ჟ}}$ ცვალებადობის დიაგრამა ნიადაგის სიმყარის $C$ კოეფიციენტთან დამოკიდებულებაში .....	137
ნახ. 45. ლიანდის სიღრმის დამოკიდებულება გრუნტზე მაძრავის მაქსიმალური დაწოლისაგან .....	139

# მადლიერება

## შესავალი

ტყე, როგორც საწარმოო საქმიანობის ობიექტი, შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ სხვადასხვა პროდუქცია. თავისი ბუნებიდან გამომდინარე, მას აქვს უამრავი მიზნობრივი დანიშნულება. ვინაიდან, შესაძლებელია ტყის რესურსების აღდგენა, ამიტომ ტყით რაციონალური სარგებლობა აუცილებლად უნდა ითვალისწინებდეს მის კვლავწარმოებას. ამასთან, ტყის ფონდის ტერიტორია ყოველთვის დინამიკაშია, რის გამოც განიცდის განსაზღვრულ ცვლილებებს [1, 2].

მსოფლიო ეკონომიკის განვითარება თანამედროვე ეტაპზე მოითხოვს ფართო მასშტაბებით ბუნებრივი რესურსების ათვისებას, მათ შორის ტყეს და მის რესურსებს ერთ -ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია, რომლის საერთო მარაგი საქართველოში შეადგენს 400 მლნ მ<sup>3</sup>. მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე მსოფლიოში მნიშვნელოვანი მიღწევებია ხელოვნურ -მერქნული მასალების წარმოებაში, მაინც ნატურალურ ხე -ტყეზე მოთხოვნილება სულ უფრო მატულობს. რადგანაც ტყეების და მათ შორის საქართველოს ტყეების ბუნებრივი კვლავწარმოება-განახლება შეზღუდულია, ხოლო მოთხოვნილება დღითიდღე განუწყვეტლივ მატულობს, დღის წესრიგში დგება ტყის რესურსების ეფექტურად გამოყენების საკითხები.

ცნობილია, რომ მერქანი სტრატეგიული ნედლეულია, ამიტომ მისი ყოველი კუბური მეტრი უნდა იყოს აღრიცხული, როგორც დამზადების, ისე გადამუშავებისას. მხოლოდ ასეთი მიდგომა მოგვცემს საშუალებას საქართველოში წესრიგი დავამყაროთ ხე -ტყით სარგებლობაში. თუ გავითვალისწინებთ ყოველწლიურ ნამატს – 3,83 მლნ.მ<sup>3</sup>, მაშინ ყოველწლიურად 600 -800 ათასი მ<sup>3</sup>-ის ჭრა ყველა სახეობისათვის (როგორც საქმიანი ისე შეშისათვის), არ წარმოადგენს საშიშროებას, ტყესაკაფში ჭრის ყველა წესის მკაცრად დაცვის შემთხვევაში [3, 4].

საქართველოს სამთო ტყის მეურნეობის პირობებში, სადაც ტყეები მერქნით სარგებლობასთან ერთად უდიდეს ეკოლოგიურ ფუნქციებს ასრულებენ, მათში მეურნეობის წარმოება და კერძოდ, ტყესაკაფების სამუშაოთა ტექნოლოგია დაფუძნებული უნდა იყოს ამ

დარგში დაგროვილი მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების გამოცდილებაზე. ამ საქმეში განსაკუთრებით დიდი როლი ეკუთვნის კომპლექსურ მექანიზაციას, რომლის დროსაც ყველა ოპერაციას მანქანები ასრულებენ. კომპლექსურ მექანიზაციაზე გადასვლას მოყვევართ ახალი მანქანებისა და მექანიზმების შექმნის აუცილებლობამდე [5, 8].

დისერტაციაში დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი სამთო პირობებში ტყესაკაფი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიების ძიებასა და დამუშავებას. განხილულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ძველი და დამუშავებულია ახალი ტექნოლოგიური სქემები, რომლებიც ხე-ტყის დამზადების ოპერაციების ჩასატარებლად შექმნილია ახალი ტექნიკა: მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატების და განივგადასატანი მორსათრევი საბაგირო დანადგარების სახით.

თემის აქტუალობასთან დაკავშირებული მთავარი პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ არსებული მანქანა-დანადგარები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ ტექნიკურ და ეკოლოგიურ მოთხოვნებს, განსაკუთრებით პირველი ჯგუფის ტყესაკაფებში მუშაობის დროს; ამას ისიც ემატება, რომ მთავორიანი ტყესაკაფების ათვისების ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს მაღალი შრომატევადობა მერქნის ჭრაზე და განსაკუთრებით მორთრევა-ტრანსპორტირებაზე, რაც თავის მხრივ უკავშირდება საქართველოს რთულ რელიეფურ პირობებს [9-15].

თემის აქტუალობა განპირობებულია იმითაც, რომ დღეისათვის არსებული სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4 და მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი თავისი მექანიზმებით და მოწყობილობებით ვერ უზრუნველყოფენ მთავორიანი ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციის შესრულებას მექანიზებული წესით; ამასთან, არ არის დამუშავებული მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფებისათვის კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემა. ტექნოლოგიური პროცესის და მათ განსახორციელებლად შექმნილი მანქანა-დანადგარების კვლევის მეთოდები და მეთოდიკები არ შეესაბამება ახლად შექმნილი მთა-ის კვლევის ამოცანებს.

**სამუშაოს მიზანი და ამოცანები.** სამუშაოს მიზანია მერქნის ნედლეულის რაციონალურად გამოყენების მეცნიერულად დასაბუთებული



მიდგომის განხორციელება და ტყეების გეგმაზომიერი კვლავწარმოების უზრუნველყოფა; ახალი ტექნოლოგიური სქემების დამუშავება, რომლებიც დაკავშირებულია მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის სამუშაოების მთლიანად მექანიზებული წესით განხორციელებასთან.

აღნიშნული ამოცანების გადასაწყვეტად, ტყის გარემოს მაქსიმალური შენარჩუნების გათვალისწინებით, მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევისათვის საჭიროა შეიქმნას მობილური მორსათრევი-თვითმტვირთავი აგრეგატი ძარა -ანძის ახალი მექანიზმით, ხელით შრომის გამოყენების გარეშე.

**სამეცნიერო სიახლე** . ნაშრომში შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი აღჭურვილი სრულიად ახალი ძარა -ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელსაც ცნობილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატისაგან განსხვავებით შეუძლია, ავტომატურ რეჟიმში მექანიზებული წესით, განახორციელოს ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია, მათ შორის შეკრულას ძარაზე დაფიქსირება-დაბმა.

ნაშრომში, მეოთხე ჯგუფის ცვალებადი დახრილობის ტყესაკაფებისათვის დამუშავებულია, კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი № 9 ტექნოლოგიური სქემა.

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

- დაუტვირთავი და დატვირთული მთა-ის ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მოძრაობის კრიტიკული  $V_{კ1}$  და  $V_{კ3}$  სიჩქარეების მნიშვნელობები;
- დაუტვირთავი და დატვირთული მთა-ის ფერდობზე განივი მიმართულებით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მოძრაობის კრიტიკული  $V_{კ2}$  და  $V_{კ4}$  სიჩქარეების მნიშვნელობები;
- აგრეგატის მაქსიმალური  $V$  სიჩქარით მოძრაობის დროს, განივი მდგრადობის ტრანსცენდენტული განტოლებიდან განსაზღვრულია, ფერდობის დახრის კუთხის ზღვრული მნიშვნელობები მინიმალური რადიუსით აღმართის მხარეს მობრუნების დროს, დაუტვირთავ და დატვირთულ მდგომარეობაში  $\Delta\alpha_{ზ1}$  და  $\Delta\alpha_{ზ2}$ ;

- *t* დროის ხანგრძლიობა აგრეგატის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, დაუტვირთავი და დატვირთული აგრეგატის ვაკუუმ და ფერდობზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს.

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

დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებიდან, დადგენილია, მთა-ის ქანობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელობები ჩამოცურებაზე.

**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, საწევ-საექსპლუატაციო გაანგარიშებების, ექსპერიმენტულ და სხვა საკითხებთან დაკავშირებულ კვლევებს.

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

ნაშრომში დიდი ყურადღება ეთმობა ტყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიური სქემების კვლევის მეთოდებს.

**გამოკვლევების პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია.** შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ძარა-ისრის სრულიად ახალი სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომლითაც ტყე საკაფებზე ხორციელდება მორსათრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია მექანიზებული წესით, მათ შორის ძარაზე შეკრულას დაფიქსირება-დაბმა. 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. დადგინდა,

რომ მთავორიან ტყესაკაფებზე აუცილებელია გამოყენებული იყოს მოდერნიზებული მთა, რომელიც ახალი ტექნოლოგიური აღჭურვლობით უზრუნველყოფს ხე-ტყის მორთრევას ძარაზე მოლიანად 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 გამოქვეყნებულია ნაბეჭდი შრომების სახით: 17 სამეცნიერო სტატია, 3 გამოგონება-პატენტი.

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

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

### საიდან მომდინარეობს დისერტაციაში დასმული პრობლემა .

სამთო-სატრაქტორო მორთრევის სირთულეებით განპირობებული პრობლემების მომდინარეობა დაკავშირებულია ძირითადად ადგარემოს წინააღმდეგობებთან, რაც გამოწვეულია პირველ რიგში რელიეფის, შემდეგ ნიადაგის და კლიმატის რთული ბუნებრივი პირობებით. აღნიშნული თავის მხრივ პირდაპირ კავშირშია სატრაქტორო მორთრევის პირობების გაუარესებასთან და ეკოლოგიური მოთხოვნების შეუსრულებლობასთან.

მთავორიან პირობებში სატრაქტორო მორთრევის დროს ყველაზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიების, ტექნოლოგიური სქემების და მათ განსახორციელებლად საჭირო მანქანა-დანადგარების შერჩევას. ამასთან, სატრაქტორო მორთრევის სახეობებიდან, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ყველაზე უსაფრთხო არის ხე-ტყის მორთრევა აგრეგატის ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში. ამ ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში ნახევრად დატვირთულთან შედარებით გარემოზე ზემოქმედება და კერძოდ, უარყოფითი გავლენა მოხარდზე მცირდება 5-ჯერ, ხოლო ნიადაგზე 3,5-ჯერ; რაც შეეხება ხე-ტყის ტრანსპორტირებას მიწაზე თრევით მთლიანად დატვირთულთან შედარებით, იგივე მაჩვენებლები შესაბამისად მცირდება 9 -ჯერ და 5 -ჯერ [16-20].

აღსანიშნავია ისიც, რომ სამთო მორთრევის ყველაზე მთავარი პრობლემის მომდინარეობას წარმოადგენს არსებული ტექნიკის ეკოლოგიურ მოთხოვნებთან შეუთავსებლობა.

**2. რა არის ცნობილი დისერტაციაში დასმული პრობლემის შესახებ.** დისერტაციაში დასმული პრობლემადან გამომდინარე, ცნობილია, მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის დამზადების სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის რვა ტექნოლოგიური სქემა. ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით, ცნობილია, მორთრევის პროცესის განსახორციელებლად საჭირო ოპერაციების რაოდენობა და ამ ოპერაციების შემსრულებელი მანქანა-დანადგარები. აღნიშნული მანქანა-

დანადგარებიდან პირველ რიგში უნდა დავასახელოთ სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4, მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი (მთა) და განივ-გადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი.

ცნობილია, აგრეთვე მთა-ის: სტატიკური და დინამიკური განივი და გრძივი მდგრადობის თეორიული კვლევის აგების მეთოდები და მეთოდიკები; ექსპერიმენტული კვლევის და ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების ეკონომიკური გაანგარიშების მეთოდიკები.

3. რა ნაკლოვანებები აქვს მორსათრევის სამუშაო პროცესის ცნობილ ტექნოლოგიურ სქემებს, მორსათრევი აგრეგატებს და მათი კვლევის მეთოდიკებს. ცნობილი რვა ტექნოლოგიური სქემიდან არც ერთი არ ითვალისწინებს მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმულ ტყესაკაფების ათვისებას, ხოლო მორსათრევი აგრეგატებს არ შეუძლიათ სატრაქტორო მორსათრევის ყველა ოპერაცია შეასრულონ მექანიზებული წესით ავტომატურ რეჟიმში. რაც შეეხება მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევის მეთოდიკებს, ისინი არ იძლევიან ყველა პარამეტრის განსაზღვრის საშუალებას. იგივე შეიძლება ითქვას მთა-ის ექსპერიმენტული კვლევის და ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით ეკონომიკური ანგარიშის მეთოდიკებზე, რაც დაკავშირებული არაიონების ტყესაკაფების რელიეფის, ნიადაგის და კლიმატის სრულიად განსხვავებულ ბუნებრივ პირობებთან.

4. რა არის გაკეთებული ნაშრომში ცნობილი ნაკლოვანებების აღმოსაფხვრელად. ცნობილი ნაკლოვანებების აღმოფხვრის მიზნით, დამუშავებულია ტყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის № 9 ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფების ათვისებას.

შექმნილია მთა, ახალი სრულიად განსხვავებული ძარა -ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელიც ითვალისწინებს ტყესაკაფზე მორსათრევის ყველა ოპერაციის მექანიზებული წესით შესრულებას.

დამუშავებულია ახალი მეთოდები და მეთოდიკები, მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის და ექსპერიმენტული კვლევების ჩასატარებლად, რომლებიც იძლევიან აღნიშნულ საკითხებთან დაკავშირებით ყველა პარამეტრის განსაზღვრის საშუალებას.

დამუშავებულია, № 9 ტექნოლოგიური სქემისათვის ეკონომიკური გაანგარიშების მეთოდის, რომელიც იძლევა საშუალებას დავადგინოთ 1მ<sup>3</sup> სატრაქტორო მორთრევით დამზადებული ხე-ტყის თვითღირებულება.

### **1.1. ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები**

ტყესაკაფი სამუშაოების ჩასატარებლად გამოიყენება კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები, რომლებიც აიოლებენ ადამიანის შრომას.

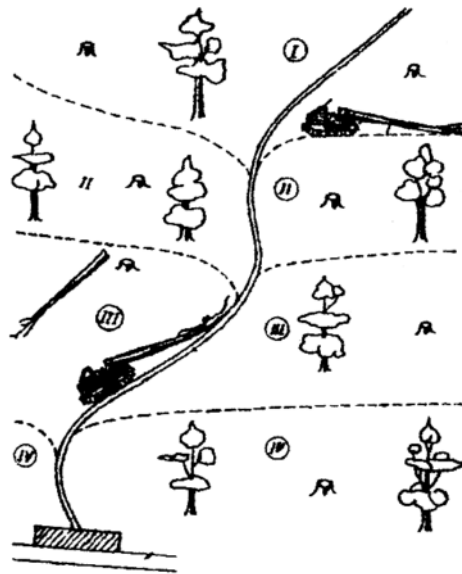
ტყესაკაფები, რომლებზედაც ხორციელდება შიდატყესაკაფი სამუშაოები ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით კლასიფიცირდება სამი ძირითადი მაჩვენებლით: რელიეფით, დახრილობით და საავტომობილო გზებთან მიხედვით [5-7].

შიდატყესაკაფ ტექნოლოგიურ პროცესებზე არსებით გავლენას ახდენენ ისეთი პარამეტრები, როგორებიცაა: ფერდობის სიგრძე; მისი დახრილობის კუთხე; შოლტებისა და სორტიმენტების მოცულობითი და წონითი მაჩვენებლები; ტყით სარგებლობის ინტენსიურობა; ტყესაკაფების გეომეტრიული ზომები; მორსათრევი გზების სიგრძე; საბაგირო დანადგარებსა და მაგისტრალურ სატრაქტორო გზებს შორის მანძილი [20-23].

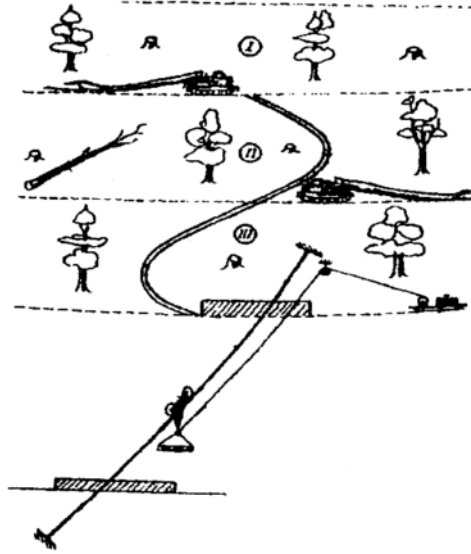
ხე-ტყის შიდატყესაკაფი პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემები საქართველოს მთაგორიანი პირობებისათვის წარმოდგენილია ოთხი ძირითადი ტექნოლოგიური სქემის სახით.

**ტექნოლოგიური სქემა № 1** (ნახ. 1) მისაღებია იმ შემთხვევაში, როცა ტყესაკაფის ფერდობის დახრილობა არაუმეტეს 20 °-ია და უშუალოდ ერთვის ავტოტყესაზიდ გზას. ტყესაკაფის სიღრმე, ანუ მაგისტრალური სატრანსპორტი გზის სიგრძე, რომელიც ტყე საკაფს შუაზე ყოფს 1000მ -ია. ხის წაქცევის ადგილიდან, ე.ი. ჯირკიდ ან, ხე-ტყის მორთრევას აწარმოებს მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, რომელიც გადაადგილდება მთელ ტყესაკაფზე.

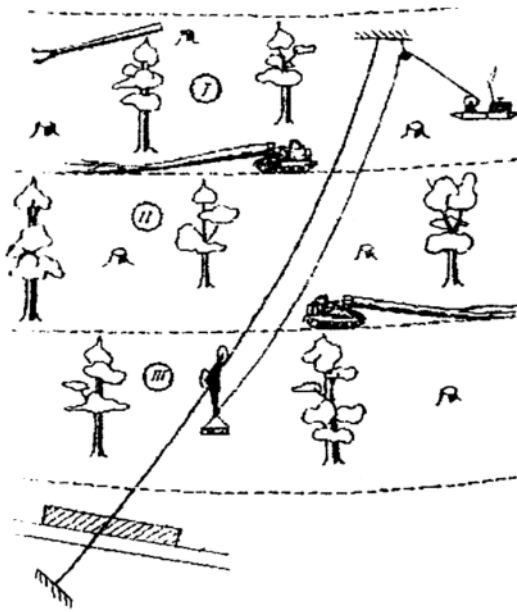
№ 1 ტექნოლოგიური სქემის უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს აღმონაცენის უსაფრთხოების სათანადო დაცვა, რომელსაც უზრუნველყოფს თვითმტვირთავი აგრეგატი თავისი მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე.



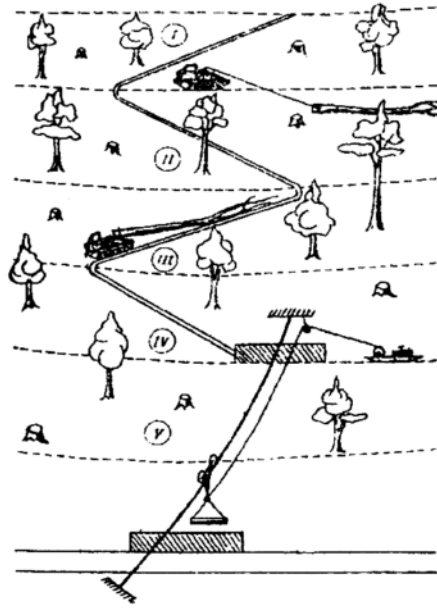
ტექნოლოგიური სქემა №1



ტექნოლოგიური სქემა №2



ტექნოლოგიური სქემა №3



ტექნოლოგიური სქემა №4

ნახ. 1. ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის № 1, № 2, № 3 და № 4 ტექნოლოგიური სქემები

ტექნოლოგიური სქემა № 2 (ნახ. 1) ითვალისწინებს, ტრაქტორებით ზედა ბაქნამდე მორთრეული ხე -ტყის ჩამოშვებას საბაგრო მორსათრევი დანადგარით. ამ შემთხვევისათვის ტყესაკაფი წარმოადგენს 10°-დან 15°-მდე დახრილობის პლატოს 1000 მ -მდე სიღრმით, რომელიც არ ერთვის საავტომობილო გზას და გამოყოფილია მისგან ხევით ან 40°-ზე მეტი დახრილობის ფერდობით.

მთა-ის საშუალებით ხე -ტყე მიეწოდება საბაგირო საჰაერო მორსათრევე დანადგარს, რომელ იც დაუშვებ ს მორებს ავტოტყესაზიდ გზასთან განლაგებულ ზედა საწყოზზე.

**ტექნოლოგიური სქემა № 3** (ნახ. 1) ითვალისწინებს ტრაქტორით გვერდიდან მორთრეული ხე -ტყის ჩამოშვებას საბაგირო დანადგარით. 20°-ზე მეტი დახრილობის ტყესაკაფზე წაქცეული ხე (შოლტი) გამოითრევა საკაბლო შტოზე დაიმორება და მორსათრევი თვითმტვირთავი სატრანსპორტო აგრეგატით მიეწოდება საბაგირო დანადგარის ტრასის მთელ სიგრძეზე. ამ შემთხვევაში ტყესაკაფი ერთვის ავტოტყესა ზიდ გზას და 1000მ სიგრძისაა. საბაგირო დანადგარის ტრასა კვეთს მას მთელ სიღრმეზე. სატრაქტორო საკაბლოები განლაგებულია ფერდობის განივად, საბაგირო დანადგარის ზედა საწყოზამდე, ანუ ავტოტყესაზიდი გზის დასატვირთ ბაქნამდე.

**ტექნოლოგიური სქემა № 4** -ის (ნახ. 1) დანიშნუ ლებაა ზედა დასატვირთ ბაქნამდე და აგრეთვე გვერდიდან საკაბლოებზე ტრაქტორებით მორთრეული ხე-ტყის ჩამოშვება საბაგირო დანადგარით. ეს ტექნოლოგიური სქემა მეორე და მესამე სქემების კომბინაციასქმნის. ქვედა ტყესაკაფზე ხე -ტყე მიეწოდება საბაგირო დანადგარს გვერდებიდან მთა-ით დატვირთულ მდგომარეობაში. ზედა ტყესაკაფზე ხე-ტყე მთა-ით მიეწოდება საბაგირო დანადგარს მაგისტრალურ სატრაქტორო საკაბლო გზით დანადგარის ზედა ბაქნამდე.

## **12. ტყესაკაფი სამუშაოების ტექნოლოგია და მანქანა-დანადგარები მთიან პირობებში**

მთაგორიანი ტყესაკაფების ასათვისებლად, არსებობს ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიები და მათ განსახორციელებლად საჭირო ახალი ტექნიკა, მანქანა-დანადგარების და მოწყობილობების სახით.

20°-მდე დახრილობის ტყესაკაფებზე ძირითად მანქანაქმნიზმებად, რომლებიც აწარმოებენ ხეტყის მორთრევატრანსპორტირების ოპერაციებს, მიჩნეულია სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორ TT-4-ის ბაზაზე სტშ-ის სატყეო ტექნიკურ დეპარტამენტში შექმნილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ( მთა), ტექნოლოგიური აღჭურვილობით. ამასთან, 20°-ზე მეტი დახრილობის ტყესაკაფებზე ხე -ტყის მორთრევა-

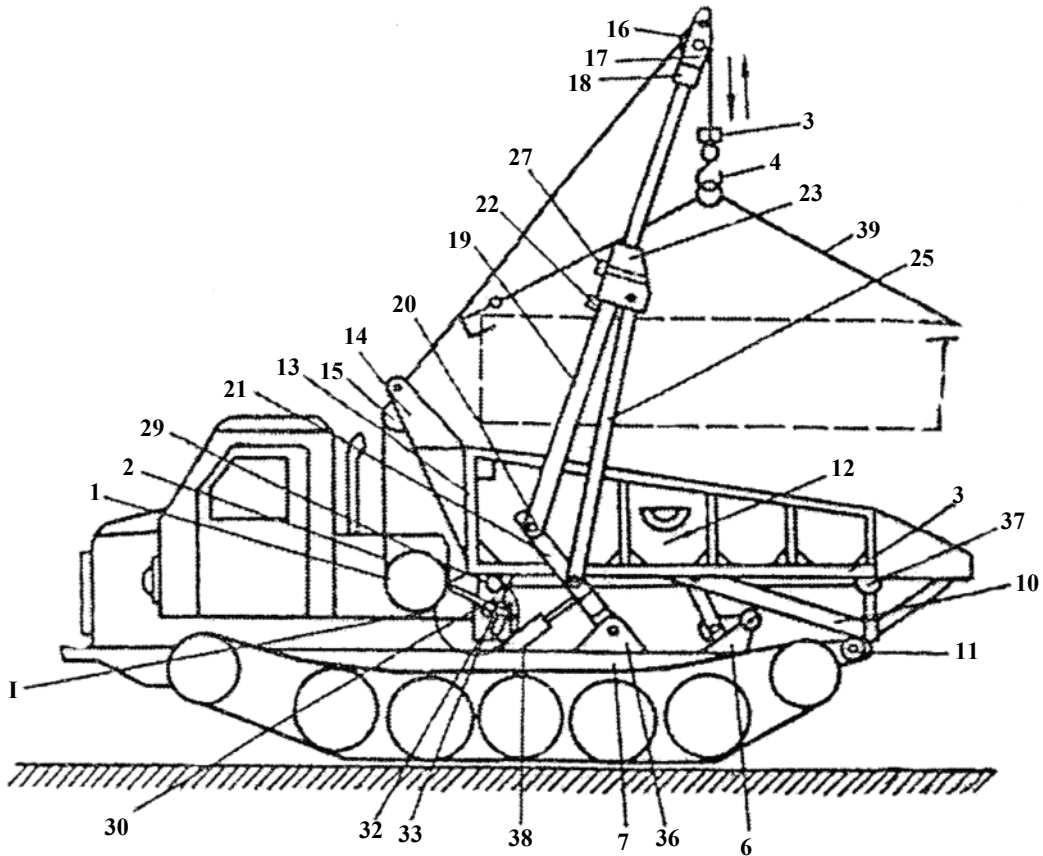


ტრანსპორტირების ოპერაციებს აწარმოებენ საბაგირო მორსათრევი დანადგარებით. ამ შემთხვევაში, საბაგირო დანადგარის ტრასის გასწვრივ მთელ სიგრძეზე განივი მიმართულებით შოლტების და მორების მორთრევა ხორციელდება მთა-ით. თუ მთა-ის მუშაობა ფერდობის დახრის კუთხის გაზრდის გამო სახიფათოა, მაშინ აუცილებელია, საპაერო საბაგირო მორსათრევის დანადგარის ტრასამდე შოლტების და მორების მორთრევა ვაწარმოთ სტშ-ის სატყეო ტექნიკურ დეპარტამენტში შექმნილი განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარით.

მთა-ით ხე -ტყის მორთრევა -ტრანსპორტირება ხორციელდება მორების მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში. მთაგორიან პირობებში ხე-ტყის დამზადებაზე მთა-ის გამოყენება ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესებასთან ერთად წყვეტს ორ მნიშვნელოვან ამოცანას: უზრუნველყოფს ტყესაკაფიდან ნარჩენების მაქსიმალურად გამოზიდვას და გამოიყენება ციცაბო ფერდობების ტყით განახლებისათვის [24-32].

მთა-ის ერთ -ერთ ძირითად კვანძს წარმოადგენს ს ძარა -ისრის მექანიზმი, რომელიც მონაწილეობს მოჭრილი ხეების ძარამდე მორთრევის, მორების თვითდატვირთვის და თვითგადმოტვირთვის ოპერაციების შესრულებაში. თავდაპირველა დ დამუშავებული იყო მთა ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმით (ნახ. 2, 3, 4).

მთა-ის დამტვირთავი მოწყობილობა ძარა -ისრის მექანიზმის სახით შეიცავს: ჯალამბარს 1 საწვევი ბაგირით 2, რომელზედაც დამაგრებულია საბჯენი 3 და კაუჭი 4; მხრეულა 5, რომელიც სახსრულად არის მიერთებული ტრაქტორის ლონჟერონის 7 უკანა კრონშტეინზე 6; ბარბაცას 8, რომელიც ერთი ბოლოთი სახსრულად არის მიერთებული მხრეულასთან 5, ხოლო მეორეთი ძარასთან 9. ეს უკანასკნელი დაყენებულია საყრდენებზე 10 ტრაქტორის ლონჟერონების 7 პარალელურად -გორგოლაჭებთან 11 შეხებით. ძარა შესრულებულია ბრტყელი, მყარი შედუღებული კონსტრუქციის სახით, გვერდითი ბორტებით 12. ძარას წინა ბორტზე 13, ხისტად დამაგრებულია კრონშტეინი 14 და მასზე დაკიდებული მიმართველი ბლოკი 15, რომლის გორგოლაჭში 16 გატარებულია საწვევი ბაგირი. გორგოლაჭი 16 დაყენებულია კრონშტეინზე 17, რომელიც თავის მხრივ ხისტად



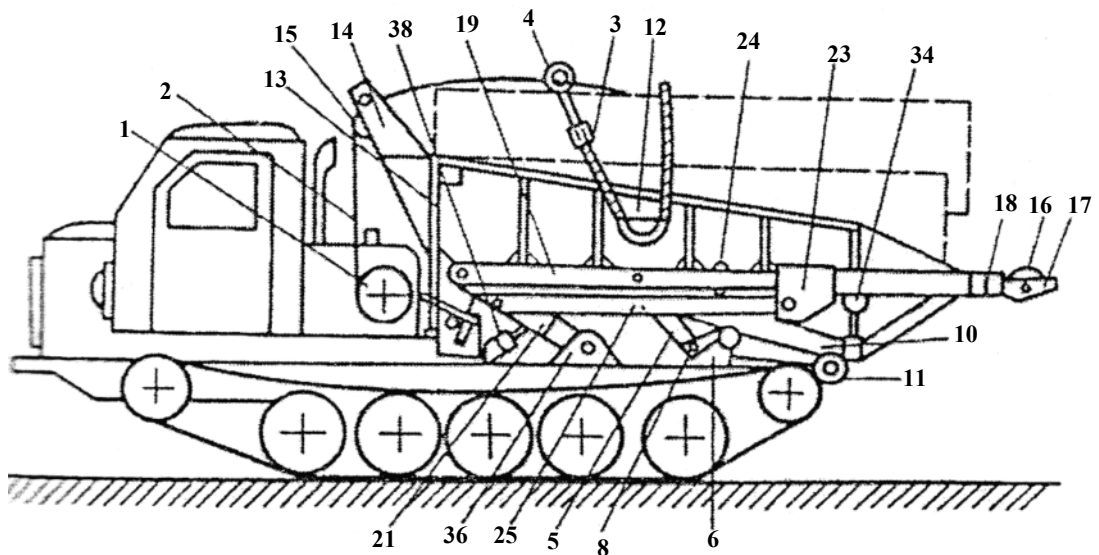
ნახ. 2. ტრაქტორ TT-4-ის ბაზაზე შექმნილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ისრის მუშა მდგომარეობაში

არის დამაგრებული ზედა ნახევარჩარჩოს 19 კაღონზე 18. ზედა ნახევარჩარჩო 19 ღია სახსრებით 20 დაკავშირებულია ქვედა ნახევარჩარჩოსთან 21. ზედა ნახევარჩარჩოს დგარებზე 22 დაყენებულია ცოციები 23 და საბჯენები 24. ცოციებთან სახსრულად არის მიერთებული ჭოკები 25, რომლებიც მეორე მხრიდან ასევე სახსრულად უკავშირდებიან ქვედა ნახევარჩარჩოს დგარებს 26. ცოციები და ზედა ნახევარჩარჩოების დგარები შესრულებულია ნახვრეტებით, მათი ერთმანეთთან თითებით 27, დასაფიქსირებლად. სახსრები 20 შესრულებულია ღრუებით, მათი მილსაყებთან 29 თითებით 28, დასაფიქსირებლად. მილსაყები 29 ხისტად არიან დამაგრებული ძარას ბორტებთან 12. ძარას წინა მხარეს ხისტად არის დამაგრებული საყრდენები 30.

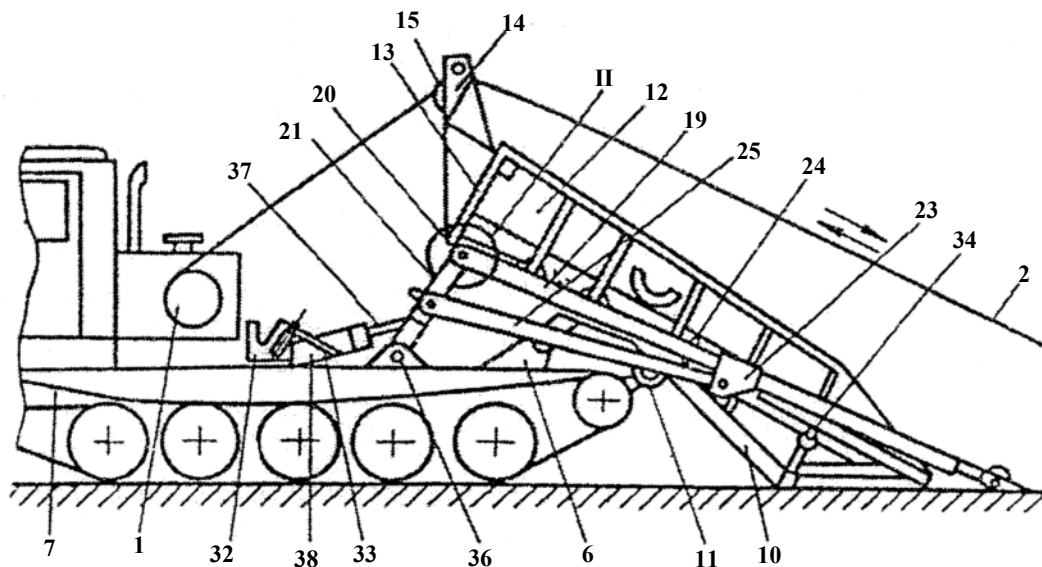
პოჭოჭიკები 31 კრონშტეინით 32 იდება ბუდეში და მაგრდება ტრაქტორის ლონჟერონებზე 7. ჩასაკეტად კრონშტეინებს აქვთ მოსაბრუნებელი ბერკეტები 33. ძარას უკანა ორივე მხარეს დამაგრებულია დამჭერი გო რგოლაჭები 34. ქვედა ნახევარჩარჩო შუა

ნაწილში მხრებით 35 სახსრულად უერთდება კრონშტეინს 36. ეს უკანასკნელი, თავის მხრივ ხისტად მაგრდება ტრაქტორის ლონჟერონებზე და უკავშირდება ჰიდროცილინდრის 38 ჭოკს 37. ჰიდროცილინდრის 38 კორპუსი სახსრულად უკავშირდება ტრაქტორის ლონჟერონს. სორტიმენტების ჩატერა წარმოებს ჩოკერებით 39.

მოწყობილობის მუშაობა ხორციელდება შემდეგნაირად: ტრაქტორი მიდის ტყესაკაფზე, ამასთან ტექნოლოგიური მოწყობილობა იმყოფება სატრანსპორტო მდგომარეობაში (ნახ. 3), ანუ ძარა 9 განლაგებულია ტრაქტორის ლონჟერონების 7 პარალელურად, დაფიქსირებულია მათთან საყრდენებით 30 და ბერკეტებით 33. დამტვირთავი მოწყობილობის ნახევარჩარჩოები 19 და 21 ჩაკეტილია და ფიქსირებულია მილსაყებში 29 თითებით 28, ძარას გვერდით ბორტებზე 12. სატრანსპორტო მოწყობილობის სამუშაო მდგომარეობაში მოსაყვან ად, ჯირკიდან ხეების მოსათრევად, აუცილებელია მიწაზე დავაყირავოთ ძარა (ნახ. 4), რისთვისაც ის მოსაბრუნებელი ბერკეტებით 33 თავისუფლდება ტრაქტორის ლონჟერონებისაგან. ირთვება ჰიდროცილინდრი 38, ძარა და ისარი ერთად გადადიან მიწაზე დაყირავებულ მდგომარეობაში. შემდეგ საწვეი ბაგირი 2 ხელით გადაიტანება წაქცეულ ხემდე (არა უმეტეს 50 მ) და ჩოკერდება ხის ძირის ნაწილთან. ჩაირთვება ჯალამბარი 1 მუშა სვლაზე, ბაგირი ეხვევა დოლზე და ხე მოითრევა აგრეგატთან (ნახ. 4). 5-6 მ<sup>3</sup> ხეების ტრაქტორთან მოთრევის შემდეგ, ხეები დამუშავდება სორტიმენტებად 4 მ სიგრძეზე, ხოლო საშეშე – 1 მ სიგრძეზე. იწყება დატვირთვა, რისთვისაც დაყირავებული ძარა ჰიდროცილინდრის საშუალებით, ბრუნდება სატრანსპორტო პორიზონ - ტალურ მდგომარეობაში და მაგრდება ტრაქტორის ლონჟერონებზე 7, მოსაბრუნებელი ბერკეტებით 33. ნახევარჩარჩოები 19 და 21 თავისუფლდება ძარასაგან თითის 28 მოხსნით. ჰიდროცილინდრი 38 გორვით უკან გადაადგილებს ნახევარ ჩარჩოებს დამტვირთველ გორგოლაჭზე 34, ცოციების 23 საბჯენებთან 24 შეხებამდე და ცოციაზე ნახვრეტის ზედა ნახევარჩარჩოს დგარაზე ნახვრეტთან დამთხვევამდე. ნახევარ ჩარჩოები ფიქსირდებიან თითებით 27 და იქმნება ისრის მთლიანი ხისტი კონსტრუქცია, რომელსაც მუშაობის დროს შეუძლია ნებისმიერი მდგომარეობის დაკავებუვერტიკალურიდან პორიზონტალურამდე. საწვეი



ნახ. 3. მთა სატრანსპორტო მდგომარეობაში



ნახ. 4. მთა მორგების მოთრევის მუშა მდგომარეობაში

ბაგირი 2, ამ დროს გადადებულია ზედა ნახევარჩარჩოს ბლოკზე 16. ბაგირის კაკვზე 4 ეკიდება დამტვირთავი ჩოკერი 39 (ნახ. 2). მომზადებული სორტიმენტის დასახოკერებლად. ჰიდროცილინდრი გადადის მცურავ მდგომარეობაში და ირთვება ჯალამბარი ტვირთის ასაწევად. ტვირთის აწევის შემდეგ ჯალამბარი გამოირთვება და მუხრუჭდება, ხოლო ჰიდროცილინდრი იკეტება. ეს გაჩერება საჭიროა სორტიმენტის ძარას გასწვრივ მდგომარეობაში მოსაბრუნებლად. შემდგომში სორტიმენტების მდგომარეობის კორექტირება ძარას ზემოთ ხორციელდება ჰიდროცილინდრით (ნახაზებზე ნაჩვენები არ არის), რის შემდეგაც ისევ ჩაირთვება ჯალამბარი და სორტიმენტი ეშვება

ძარას ძირზე. ჩაეხსნება ჩოკერი 39 და ისარი ბრუნდება ქვედა განაპირა ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. სორტიმენტების დატვირთვის ციკლი მეორდება საზიდარის შეგროვებამდე, რის შემდეგაც სორტიმენტები შეიკვრება საწვევი ბაგირით. ცოციები თავისუფლდებიან თითებისაგან და ნახევარჩარჩოები 19 და 21 ჰიდროცილინდრის საშუალებით ბრუნდებიან სატრანსპორტო მდგომარეობაში. საშეშე პროდუქციის მორთრევა ტყესაკაფიდან ზემო საწყობამდე ხორციელდება სორტიმენტების ანალოგიურად, ამასთან შეშა შეკვრაში შეიკვრება წინასწარ ცნობილი ხერხით.

მთა-ის თვითმტვირთავი სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმი მორსათრევე, დამტვირთავ და სატრანსპორტო ოპერაციების შესრულების დროს, ანუ აგრეგატის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში და მესამეში გადასაყვანად, შემდეგ პირვანდელ პოზიციაში დასაბრუნებლად სხვადასხვა რაოდენობის რგოლებითა და სახეობის (ბრუნვითი, წინსვლითი და უმაღლესი კლასის) კინემატიკური წყვილებით, გარდაიქმნება სამ სხვადასხვა ფუნქციის მატარებელ სახსრულ - ბერკეტულ ბრტყელ მექანიზმად:

I – ძარა-ისრის მექანიზმს ერთდროულად გადაყავს ძარა და ისარი სატრანსპორტოდან მიწაზე დაყირავებულ მდგომარეობაში (ნახ. 3 და 4). მექანიზმი შეიცავს ცხრა მოძრავ რგოლს, თორმეტ უდაბლეს V კლასის კინემატიკურ წყვილს და ორ უმაღლეს IV კლასის კინემატიკურ წყვილს; მაშინ მექანიზმის თავი სუფლების ხარისხი ჩებიშევის ფორმულით ტოლია

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 9 - 2 \cdot 12 - 2 = 1.$$

II – ძარას მექანიზმს ისრის გარეშე, ძარა გადაყავს სატრანსპორტოდან მორთრევის დაყირავებულ მდგომარეობაში და პირიქით. მექანიზმი შედგება შვიდი რგოლისაგან: რვა V კლასის კინემატიკური წყვილისაგან და ერთი უმაღლესი IV კლასის კინემატიკური წყვილისაგან, მაშინ მექანიზმის თავისუფლების ხარისხი ტოლია:

$$W = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 1 = 1.$$

III – ისრის მექანიზმი მუშაობს ორ რეჟიმში:

1. როცა მთა-ის სატრანსპორტო მდგომარეობიდან საჭიროა ისრის გაშლა. ამ შემთხვევაში, ისარი განცალკევებულია ძარასაგან,

მოქმედებაშია ექვსგოლა მექანიზმი: რვა V კლასისა და ერთი უმაღლესი IV კლასის კინემატიკური წყვილებით. მექანიზმის თავისუფლების ხარისხი ტოლია:

$$W = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 1 = 1$$

2. ისრის მეორე მექანიზმი მოქმედებას იწყებს აგრეგატის სატრანსპორტო მდგომა რეობაში, როცა ისრის ნახევარჩარჩოები ფისირდებიან თითოებით 27 და ქმნიან ისრის ერთ მთლიან ხისტ კონსტრუქციას. ამ შემთხვევაში, მექანიზმის მოძრავი რგოლებია სამი: 37, 38 და 21, 19, 25, 23 რგოლებისაგან ერთ რგოლად ერთმანეთთან ხისტად დაკავშირებული რგოლი – თაღოვანი ისარი.

მექანიზმის თავისუფლების ხარისხი ტოლია:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

განხილული მთა-ის ძარა -ისრის მექანიზმზე ჩატარებული სტრუქტურული კვლევების შედეგად, დადგინდა, რომ ძარას და ისრის გადაყვანა სატრანსპორტო, მორსათრევი და დასატვირთ მდგომარეობაში და პირიქით, ხდება მექანიზმის გარკვეულწილად მონტაჟისა და დემონტაჟის შედეგად, რაც რასაკვირველია დაკავშირებულია ზედმეტი დროის ხარჯვასთან და აგრეგატის მწარმოებლურობის შემცირებასთან.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, სტშ-ის სატყეო ტექნიკურ დეპარტამენტში დამუშავდა ძარა -ისრის სახსრ ულ-ბერკეტილ-კბილანური მექანიზმი, რომლის შედეგია მორსათრევი აგრეგატი, რომელიც საშუალებას გაძლევს ავტომატურ რეჟიმში ოპერატორის კაბინიდან გადმოუსვლელად, აღნიშნული მექანიზმის ყოველგვარი დემონტაჟისა და მონტაჟის გარეშე გადაიყვანოს აგრეგატი მორსათრევი, მორების დასატვირთ, სატრანსპორტო მდგომარეობაში და პირიქით.

### 13. მანქანების მოძრაობის მდგრადობა

ხეტყის სატრანსპორტო მანქანების მოძრაობა წარმოებს მუდმივად ცვალებადი ტრაექტორიით. მოძრაობა არ ითვლება მრუდწირულად, თუმისი ტრაექტორიის სიმრუდე ტოლია ნულისა. ის განისაზღვრება სატრანსპორტო სისტემის გრძივი და ვერტიკალური ღერძების მდგომარეობის უწყვეტი ცვალებადობით და ახასიათებს თვლიანი და მუხლუხა მანქანების ისეთ მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო თვისებებს,

როგორებიცაა მართვა, გრძივი და განივი მდგრადობა. ეს ორი ცნება ერთმანეთთან არი ს დაკავშირებული და ძირითადად დამოკიდებულია შეთანწყობილი პარამეტრების ფარდობაზე, დაკიდების პარამეტრებზე და მართვის სისტემაზე. ამასთან, მდგრადობისაგან განსხვავებით, მართვის ცნება ყოველთვის დაკავშირებულია მოძრაობის მოცემული ტრაექტორიის უზრუნველყოფასთან – მძღოლის ზემოქმედების დროს. შეიძლება ამ ორ თვისებას მივცეთ შემდეგი საერთო განსაზღვრება.

მართვა – სატრანსპორტო სისტემის თვისებების ერთობლიობა, შენარჩუნდეს მოცემული მიმართულებით მოძრაობა ან შეიცვალოს ის, მართვის ორგანოებზე შესაბამისი ზემოქმედებით.

მოძრაობის მდგრადობა – სატრანსპორტო სისტემის თვისება, შენარჩუნდეს მოცემული მიმართულებით მოძრაობა გარე ძალების მოქმედების დროს (მძღოლის მიერ შეცვლილი მართვისაგან განსხვავებით), რომლებიც მიისწრაფიან გადახარონ ის ამ მიმართულებიდან [33-43].

ნებისმიერმა სატრანსპორტო სისტემამ, გარკვეულ პირობებში შეიძლება დაკარგოს წონასწორობის ან მოძრაობის მდგრადობა. მდგრადი წონასწორობის შემთხვევაში სატრანსპორტო სისტემა, რომელმაც გარეშე ძალის მოქმედებით მიიღო საწყისი გადახრა, ბრუნდება საწყის მდგომარეობაში. არამდგრადი სისტემების შემთხვევაში წონასწორობა არ აღდგება, ხოლო გადახრები, რაც უნდა მცირე იყოს ისინი, იზრდება. მოძრაობის მდგრადობა არის წონასწორობის მდგრადობის განზოგადოებული გაგება.

განასხვავებენ მანქანების მდგრადობას გადაყირავებაზე მოძრაობის მიმართულების შენარჩუნების უნარის მიხედვით (საკურსო მდგრადობა), გვერდით გადახრაზე (გვერდითი მდგრადობა). გადაყირავებაზე მდგრადობა იყოფა გრძივ და განივ მდგრადობებად და მნიშვნელოვან -წილად დამოკიდებულია მანქანის საყრდენი კონტურის კონფიგურაციაზე, რომელიც შექმნილია მისი გრძივი და განივი გადაყირავების ღერძებით, ამასთან საყრდენი კონტური შეიძლება იყოს ცვალებადი, რაც დამოკიდებულია სავალი სისტემის კინემატიკურ და კონსტრუქციულ პარამეტრებზე. მანქანებს, რომლებსაც აქვთ საყრდენი კონტურის ცვალებადი კონფიგურაცია, პირველ რიგში ეკუთვნის თვლიანი მანქანები სახსრულად-შეუღლებული ჩარჩოთი და საწევარები ხისტი ჩარჩოთი,





ბების გადალახვისა, აუცილებელია, დაბრკოლებებზე გადატანილი იქნას ტვირთი, ხეების ან შოლტების სახით.

მთიან ფერდობზე მანქანა ტვირთით განსაკუთრებით კარგავს მდგრადობას, როგორც განივს, ასევე გრძივს. ტყის საჭრელი მანქანების მდგრადი და უსაფრთხო მუშაობის უზრუნველსაყოფად, მისი საჭრელი ორგანოები უნდა იყოს გათვლილი აუცილებელ გადაწყვირებულ მომენტზე, რომელიც საჭიროა მოედოს ხეს: მისი მასის, ქარების, მანქანის მასის, ადგილის დახრილობის და ა.შ. გათვალისწინებით. სპეციალურ ლიტერატურაში არ არის ერთიანი კრიტერიუმი, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს სხვადასხვა კონსტრუქციის და დანიშნულების ტყის საჭრელი მანქანების მდგრადობის შესაფასებლად, ნებისმიერ პირობებში ექსპლუატაციის დროს.

პრაქტიკაში მანქანების მდგრადობის შესაფასებლად გამოიყენება მდგრადობის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე განისაზღვრება აღმდგენი და გადაწყვირებელი მომენტების სხვადასხვა შეფარდებით.

ამწეების და მტვირთავების (ამწე მოწყობილობებით) მდგრადობის შეფასებისათვის, რეკომენდებულია გამოვიყენოთ სატვირთო მდგრადობის კოეფიციენტი  $K_1$  და საკუთარი მდგრადობის კოეფიციენტი  $K_2$ :

$$K_1 = \frac{M_{\delta} - M_{\delta}}{M_{\delta}}; \quad K_2 = \frac{M_{\delta}}{M_{\delta}}, \quad (1)$$

სადაც  $M_{\delta}$  – აღმდგენი მომენტი, ნმ;  $M_{\delta}$  – გადაწყვირებელი მომენტი ტვირთის მოქმედების აღრიცხვის გარეშე, ნ მ;  $M_{\delta}$  – მომენტი შექმნილი მუშა ტვირთით, ნმ.

სატვირთო მდგრადობის კოეფიციენტი  $K_1$  განისაზღვრება ყველა ძალების გათვალისწინებით, რომლებიც მოქმედებენ ამწეზე: ინერციის ძალები, აღძრული ტვირთის დამუხრუჭების დროს; ცენტრიდანული ძალები, აღძრული ამწეს -ტვირთის, ისრის, წონწინალების, საბრუნო ბაქნის მობრუნების დროს; აგრეთვე კაბინის საქარე ფართობზე, ისარზე, ტვირთზე და ა.შ. ქარების დაწოლის ძალები. ამასთან,  $K_1$  კოეფიციენტის სიდიდე რეკომენდებულია მივიღოთ 1,15,4-ის ფარგლებში.

საკუთარი მდგრადობის კოეფიციენტი  $K_2$  განისაზღვრება ქარის, თოვლის, აგრეთვე აღმართზე და დადმართზე მოძრაობის დროს აღ-

ძრული ინერციის ძალების მომენტების გათვალისწინებით.  $K_2$   
 კოეფიციენტის სიდიდე უნდა იყოს არა ნაკლები 1,15 -ისა.

ხე-ტყის დამამზადებელი მანქანებისათვის რეკომენდებულია განისაზღვროს მდგრადობის კოეფიციენტი წრ იული მოქმედების ტყის საჭრელი მაპაკეტებელი მანქანისათვის (III-19B ტიპის)  $K_1$  კოეფიციენტის მიხედვით, ფლანგური ტყის საჭრელი მორსათრევი მანქანებისათვის  $K_2$  კოეფიციენტით. მანქანების მდგრადობა აგრეთვე ხასიათდება განივი და გრძივი ქანობების კუთხეებით, რომელთა გადაჭარბებას მიყვება მანქანის გადაყირავებამდე.

განვიხილოთ III-49, BM-4A ტიპის ტყის საჭრელი, ტყის საჭრელ-მორსათრევი მანქანების მდგრადობის პარამეტრების შეფასების განსაზღვრის თავისებურებები. ტყის საჭრელ მორსათრევი მანქანების მდგრადობის შეფასებისათვის, აუცილებელია ვიცოდეთ, მანქანის სიმძიმის ცენტრის კოორდინატები. ამისათვის, მანქანის კვანძები იყოფა ორ ჯგუფად: უძრავი, რომლებიც მუშაობის დროს არ იცვლიან თავის მდგომარეობას მანქანის ჩარჩოს მიმართ; მოძრავი (ისარი, სახელური, სატაც-საჭრელი მოწყობილობა).

მასების ცენტრის კოორდინატების განსაზღვრისათვის გვაქვს:

$$\left. \begin{aligned} X_a &= \frac{x_{უ.კ} \cdot m_{უ.კ} + x_{ა.კ} \cdot m_{ა.კ}}{M_a} \\ Y_a &= \frac{y_{უ.კ} \cdot m_{უ.კ} + y_{ა.კ} \cdot m_{ა.კ}}{M_a} \\ Z_a &= \frac{z_{უ.კ} \cdot m_{უ.კ} + z_{ა.კ} \cdot m_{ა.კ}}{M_a} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

სადაც  $X_a, Y_a, Z_a$  – მანქანის მასების ცენტრის კოორდინატები;  $x_{უ.კ}, y_{უ.კ}, z_{უ.კ}$  – უძრავი კვანძების მასების ცენტრის კოორდინატები;  $x_{ა.კ}, y_{ა.კ}, z_{ა.კ}$  – მოძრავი კვანძების მასების ცენტრის კოორდინატები;  $m_{უ.კ}$  – უძრავი კვანძების მასა;  $m_{ა.კ}$  – მოძრავი კვანძების მასა;  $M_a$  – მანქანის მასა.

ტყის საჭრელი მორსათრევი მანქანების მოძრავი კვანძების მასა  $m_{ა.კ}$ , შეიცავს ისრის მასას, სახელურის ასაწევი და საბრუნავი

ჰიდროცილინდრებით  $m_o$ , სახელურის მასს საკიდარის ჰიდროცილინდრით  $m_b$  და სატაც-გადამჭრელი მოწყობილობის მასას საკიდარით  $m_{bგა}$ , ე.ი. შეიძლება დავწეროთ:

$$m_{ა,კ} = m_o + m_b + m_{bგა} \quad (3)$$

მანქანის მოძრავი კვანძების მასების ცენტრის კოორდინატები მიიღება, შემდეგი გამოსახულებებიდან:

$$X_{ა,კ} = \frac{\sum m_i x_i}{m_{ა,კ}}; \quad Y_{ა,კ} = \frac{\sum m_i y_i}{m_{ა,კ}}; \quad Z_{ა,კ} = \frac{\sum m_i z_i}{m_{ა,კ}}, \quad (4)$$

სადაც  $\sum m_i x_i$  – მანიპულატორის ცალკეული მოძრავი რგოლების მასების ნამრავლის ჯამი, მათი მასების ცენტრის კოორდინატებზე.

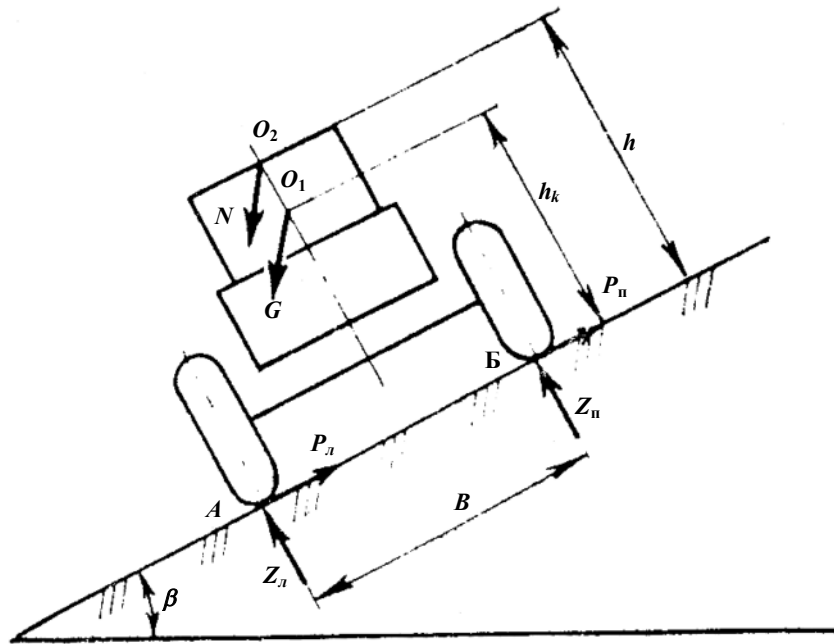
#### 14. მანქანების განივი მდგრადობა

განივი მდგრადობა განსაზღვრავს მანქანის უნარს შეინარჩუნოს მოცემული მოძრაობა გადაყირაგების, ჩამოცურების, მრუდეებზე გვერდმოქნევის მოძრაობის დროს, აგრეთვე ქანობებზე გვერდული გადაადგილების და სრიალის გარეშე. უფრო საშიშია მანქანის მდგრადობის დაკარგვა განივი მიმართულებით, რადგანაც ტრაქტორების და ავტომანქანების უმრავლესობას ლიანდის სიგანე აქვთ, საყრდენი ზედაპირის სიგრძეზე ნაკლები. თვლიანი ან მუხლუხიანი ტყის მანქანების განივი მდგრადობის შეფასება შეიძლება წარმოებდეს განივი ქანობის ზედაპირის სტატიკური ზღვრული კუთხის  $\beta_n$  სიდიდით, რომელზედაც ის დგას გვერდზე გადაყირაგების ან ჩამოცურების გარეშე [33-37].

სატრანსპორტო სისტემაზე მოქმედი ძალების სქემა განივ ქანობზე მოყვანილია ნახ. 6 -ზე. მანქანის სიმძიმის ძალის  $G$  გარდა, რომელიც მოდებულია სიმძიმის ცენტრში  $O_1$  წერტილში,  $O_2$  წერტილში მოდებულია ხეების შეკრულას დატვირთვა  $N$ .

განივი ქანობის სტატიკური ზღვრული კუთხე  $\beta_n$  განვსაზღვროთ ყველა ძალების მომენტების განტოლებიდან, გადაყირაგების წერტილის  $A$  მიმართ:

$$Z_n B + G \frac{B}{2} \cos \beta - G h_k \sin \beta + N \frac{B}{2} \cos \beta - N h \sin \beta = 0,$$



ხან. 6. განივი ქანობზე სატრახსპორტო სისტემაზე მოქმედი ძალების სქემა

საიდანაც  $Z_n = 0$  პირობის დროს გვექნება:

$$\operatorname{tg} \beta_n = \frac{B(G + N)}{2(Gh_k + Nh)} \quad (5)$$

$N$  ძალის ნულთან ტოლობის დროს (ცარიელი მანქანა) მდგრადობის პირობა ღებულ ობს სახეს:

$$\operatorname{tg} \beta_n \leq 0,5 \frac{B}{h_k} \quad (6)$$

მუხლუხა ტრაქტორების გადაყირავება ხდება ღერძის გარშემო, რომელიც იქმნება მუხლუხას რგოლების გარე გვერდითი წიბოების მიერ, ე.ი. განივი ქანობის ზღვრულ კუთხეს განსაზღვრავენ

$$\operatorname{tg} \beta_n \leq \frac{0,5(B + b)}{h_k},$$

სადაც  $B$  – ლიანდის სიგანე;  $b$  – მუხლუხას სიგანე. მაშასადამე, რაც მეტია  $B$  და  $b$  და ნაკლებია  $h_k$ , იმდენად მდგრადია მანქანა.

სახსრულად შეერთებული კონსტრუქციის მანქანების სტატიკური განივი მდგრადობის განხილვის დროს, განივი ქანობის ზღვრული კუთხე განისაზღვრება მობრუნების დროს საყრდენი კონტურის მდებარეობის გათვალისწინებით. ქანობზე მანქანის განივი დაცურების შესაძლებლობის შეფასების დროს გამოიყენება საანგარიშო სქემა

(ნახ. 6). პირობის დროს, როცა ჩამოცურებას ეწინააღმდეგება ჩაჭიდების ძალა  $\varphi_{\text{წკ}} G \beta_{\varphi}$  ტვირთის გარეშე უმარტივეს შემთხვევაში  $tg \beta_{\varphi} = \varphi_{\text{წკ}}$ , სადაც  $\beta_{\varphi}$  – სტატიკური ზღვრული კუთხე, რომლის დროსაც შესაძლებელია მანქანის ჩამოცურება.

ტყის სატრანსპორტო სისტემებისათვის, განსაკუთრებით მაღლა განლაგებული სიმძიმის ცენტრით, სტატიკური განივი მდგრადობის შეფასებას შემოაქვს მნიშვნელოვანი ცდომილებები, რადგანაც განივი დახრის დროს ხდება შერეოსრებული მასების სიმძიმის ცენტრის დამატებითი გადაადგილება, წარმოიქმნება დამატებითი დახრა რესორების და სალტების დეფორმაციის ხარჯზე, აგრეთვე არათანაბარი გზის მონაკვეთზე მოძრაობის შედეგად. ამასთან, შერეოსრებული მასები და ტვირთი ახდენენ განივ -კუთხურ რხევებს, რომლებიც შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი. დინამიკური დახრის სიდიდე დამოკიდებულია განივ -კუთხური რხევების ინტენსიურობაზე და აქვს პირდაპირი კავშირი მოძრაობის სიჩქარესთან, გზის ან საკაბდოს ხარისხთან, მანქანების პარამეტრებთან და უპირველესად საკიდართან.

განვიხილოთ მორსათრევი ტრაქტორის განივ მდგრადობაზე საკაბდოს არასწორი უბნების გავლენა ხეების ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორსათრევის დროს  $h'$  სიმაღლის სინუსოიდალური ფორმის უთანაბრობაზე მარჯვენა ბორტით გადავლის დროს (ნახ. 7). ტრაქტორის შერეოსრებული კორპუსი რესორების დეფორმაციის ხარჯზე მიიღებს  $\varphi$  კუთხით გვერდულ დამატებით დახრას. მივიღოთ, რომ შერეოსრებული მასის რხევები ხდება დახრის  $O_1$  ღერძის გარშემო, ამასთან საკიდარს არა აქვს შემზღუდავები, ხოლო ტრაქტორს ამორტიზატორები და რესორების მახასიათებელი წრფეებია.

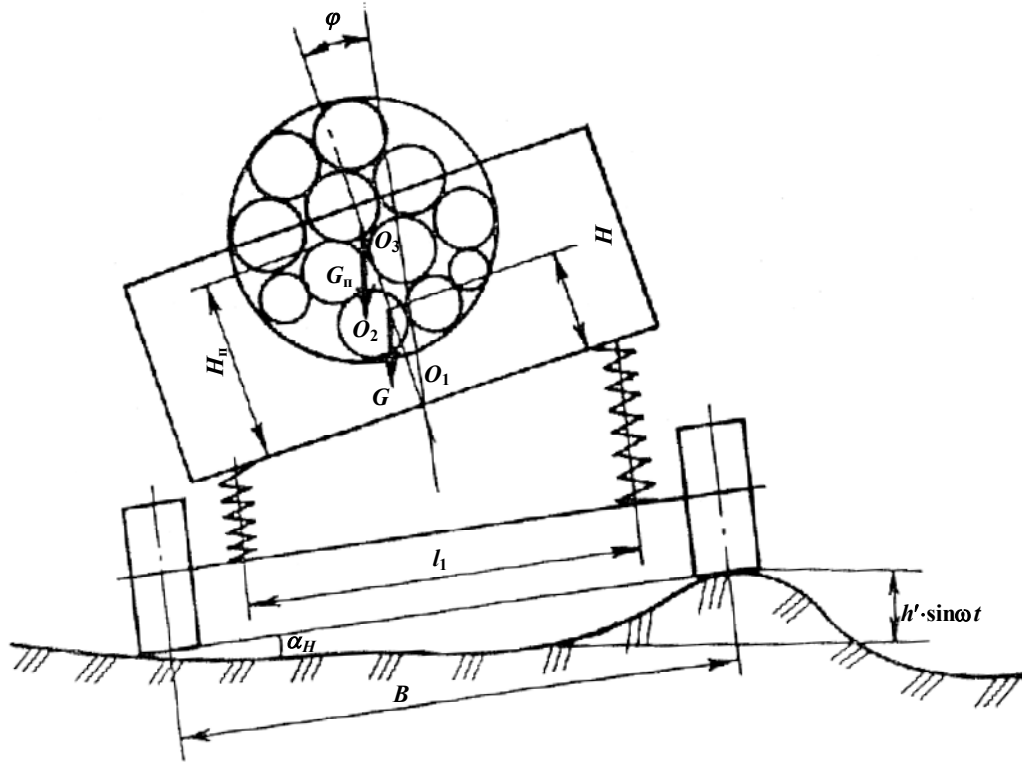
სისტემა იქნება წონასწორობაში, შემდეგი პირობის დროს

$$I\ddot{\varphi} + M_n - M_B - M = 0, \quad (7)$$

სადაც  $I$  – სისტემის ინერციის მომენტი გრძივ ღერძთან შეფარდებით გამავალ  $O_1$  წერტილზე;  $M_B$  – ტრაქტორის და ხეების შეკრულას წონის ძალებით შექმნილი მომენტი, სისტემის  $\varphi$  კუთხით დახრის დროს  $M_B = G_{\varphi} H + G_n H_n \varphi$ ;  $M$  – შემაშფოთებელი მომენტი უთანაბრო -

ბისაგან;  $M_n$  – დრეკადი ელემენტების წინააღმდეგობის მომენტი.  
 მომენტები  $M_n$  და  $M$  ტოლია:

$$M_n = G_p \frac{l_1^2}{2} \varphi \xi; \quad M = C_p a l_1,$$



ხაზ. 7. მორსათრევი ტრაქტორის განივკუთხური რხევების სქემა უთანაბრობაზე გადავლის დროს

სადაც  $C_p$  – რესორის ვერტიკალური სიხისტე;  $\xi$  – ღერძების რიცხვი;  
 $l_1$  – რესორებს შორის მანძილი.

რესორების დეფორმაციების სხვაობა უთანაბრობაზე გადავლის დროს შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$a = \frac{b \alpha_H \sin(\omega t + \delta)}{2},$$

სადაც  $\omega$  – შემფოთების სიხშირე,  $\omega = \frac{2\pi v}{L_H}$  ( $L_H$  – უთანაბრობის სიგრძე);

$t$  – დრო;  $\delta$  – შემაშფოთებელი ძალის ფაზა.

განტოლებაში (7)  $M_B$ ,  $M_n$  და  $M$  გამოსახულებების ჩასმით მივიღებთ სისტემის განივ - კუთხური რხევების დიფერენციალურ განტოლებას პარამეტრულ ფორმაში

$$\ddot{\varphi} + p^2 \varphi = q \sin(\omega t + \delta), \quad (8)$$

სადაც

$$q = \frac{\alpha_H C_p l_1^2}{2I}; \quad p^2 = \frac{C_p \xi \frac{l_1^2}{2} - GH - Q_1 H_n}{I}$$

(8) განტოლების ზოგადად ცნობილი ამოხსნის თანახმად, სისტემის რეზონანსში შესვლის დროს ( $p = \omega$ ) გაქანების კუთხის მაქსიმალური სიდიდე იქნება

$$\varphi_{\max} = \frac{\alpha_n C_p l_1^2 \pi}{4 \left( C_p \frac{l_1^2}{2} \xi - GH - Q_1 H_n \right)}. \quad (9)$$

რეზონანსული რხევების გათვალისწინებით  $f = p$  მოძრაობის რეზონანსული სიხარე  $\nu_{\text{რეზ}}$  შეადგენს

$$\nu_{\text{რეზ}} = L_n f. \quad (10)$$

გამოვიყენებთ, რა ანალოგიურ მიდგომას, შეიძლება ამოიხსნას ტყესაზიდი საავტომობილო ან სატრაქტორო ავტომატარებლის დინამიკური განივი მდგრადობის ამოცანა. შეიძლება ვისარგებლოთ შერეოსორების სპექტრული თეორიით, სტატიკური დინამიკის მეთოდების გამოყენებით.

გზისაგან ზემოქმედება განიხილება, როგორც შემთხვევითი ფუნქცია და ფასდება განივ სიბრტყეში მოქმედების სპექტრული სიმკვრივით  $\Phi_n(\omega)$ , ხოლო დინამიკური სისტემის თვისება ფასდება ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლით  $|W_\varphi(i\omega)|$ , რომელიც მიიღება დიფერენციალური განტოლების ანალოგიური ლაპლასისა და ფურიეს განტოლების (8) გარდაქმნით.

სისტემის რეაქცია განივ სიბრტყეში მოქმედებაზე ფასდება მანქანის კორპუსის განივ-კუთხური გადაადგილებების სპექტრული სიმკვრივით  $S_\varphi(\omega)$ :

$$S_\varphi(\omega) = |W_\varphi(i\omega)|^2 \Phi_n(\omega). \quad (11)$$

ავტომატარებლების განივი მდგრადობა უნდა განისაზღვროს მათ რგოლებს შორის კავშირის გათვალისწინებით. ტყესაზიდი საწვევარა და მისაბმელი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც სისტემა, რომელსაც აქვს დრეკადი კავშირი შოლტების შეკრულას ხარჯზე და მუშაობს

გრეხვაზე. შეკრულას გრეხვის გარდა, შეიძლება შეკრულას ქვედა სიბრტყის გარკვეული გადაადგილება კეხის საყრდენ ზედაპირებზე და ხეების გრძივი გადაადგილება შეკრულას შიგნით. მითითებული გადაადგილებები ხახუნის ძალების სიდიდის გამო უმნიშვნელოა, ხოლო შეკრულას სიხისტე გრეხვაზე დიდია. ამიტომ წინასწარი გაანგარიშებისას ტყესაზიდი მანქანა -მისაბმელით და შოლტების შეკრულათი, განივი მდგრადობის განხილვის დროს, მიიღება როგორც ხისტი სისტემა (გრეხვაზე), მხოლოდ საკიდარის კუთხური დრეკადობის გათვალისწინებით.

მანქანის მრუდწირული მოძრაობის დროს განივ მდგრადობაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს აღძრული ინერციის ძალები. მაგალითად, თვლიანი ტრაქტორის ჰორიზონტალურ უბანზედამყარებული სიჩქარით მოძრაობის დროს,  $O$  ცენტრის გარშემო მუდმივი რადიუსით ბრუნვისას, აღიძვრება რეზულტირებული ცენტრიდანული ძალა  $P_y$ , მოდებული ტრაქტორის სიმძიმის ცენტრში და მიმართული რადიუსზე მობრუნების ცენტრიდან:

$$P_y = G\omega^2 R'g,$$

სადაც  $\omega$  – მანქანის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე მობრუნების ცენტრის ირგვლივ;  $R'$  – ტრაქტორის სიმძიმის ცენტრის მობრუნების რადიუსი.

$P_y$  ძალის დაშლით ორ მდგენელად, მივიღებთ, რომ ერთი მათგანი მოქმედებს მანქანის გრძივ ზედაპირზე  $P_y''$  და იწვევს ნორმალური დატვირთვების გადანაწილებას წინა და უკანა თვლებს შორის. მეორე მდგენელი, მოქმედებს მანქანის განივ სიბრტყეში  $P_y'$ , მიისწრაფის გადააბრუნოს მანქანა გვერდზე. ცენტრიდანული ძალის  $P_y$  მდგენელი  $P_y'$  ტოლია

$$P_y' = P_y \cos \gamma_y = (G/g)\omega^2 R' \cos \gamma_y = G\omega^2 R/g = (G/g)(V_{cp}^2/R),$$

სადაც  $\gamma_y$  – ჯამური ცენტრიდანული ძალის დახრის კუთხე განივ სიბრტყესთან;  $V_{cp}$  – მანქანის საშუალო სიჩქარე მოსახვევში;  $R$  – მობრუნების რადიუსი.

ფორმულის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მოძრაობის სიჩქარის გაზრდით და მობრუნების რადიუსის შემცირებით ცენტრიდანული ძალა მკვეთრად იზრდება. ტრაქტორებისა და ტყესაზიდი



მანქანებისათვის, რომლებიც მოძრაობენ შედარებით დაბალი სიჩქარით, ხიფათი მანქანის გადავარდნაზე  $P'_y$ -ს ზემოქმედებით მცირეა, მაგრამ მანქანის მოძრაობის დროს 40 კმ/სთ და მეტი სიჩქარით, დიდ რადიუსებზე მობრუნების დროსაც  $\varphi$ , აუცილებელია გათვალისწინებული იყოს ცენტრიდანული ძალის მოქმედება. მანქანის მოსახვევში შესვლის დროს ცენტრიდანული ძალის გარდა, აღიძვრებიან სხვა ინერციის ძალებიც, რომლებიც გამოწვეულია მოძრაობის მიმართულების და მობრუნების ცენტრის მდებარეობის შეცვლით, აგრეთვე მობრუნების რადიუსისა და შესაბამისად, მობრუნების კუთხური სიჩქარის  $\omega$  შეცვლით. მანქანის სიმძიმის ცენტრის ფარდობითი ბრუნვა იცვლება ტანგენციალური აჩქარებით  $ad\omega/dt$ , სადაც  $a$  – სიმძიმის ცენტრის გრძივი კოორდინატა (ფარდობითი ბრუნვის რადიუსი);  $d\omega/dt$  – მობრუნების კუთხური სიჩქარის  $\omega$  ცვლილება. ამის შედეგად აღიძვრება ინერციის ტანგენციალური ძალა  $(G/g)ad\omega/dt$  მოდებული მანქანის სიმძიმის ცენტრში. მისი სიდიდე და მიმართულება ბევრად არის დამოკიდებული აჩქარებაზე  $d\omega/dt$ . მკვეთრმა მოხვევამ, განსაკუთრებით მაღალსიჩქარეზე შეიძლება მიგვიყვანოს ჯამური განივი ძალის  $P'_y + (G/g)ad\omega/dt$  გაზრდამდე, რომელიც მიისწრაფის დაარღვიოს მანქანის მდგრადობა. მოსახვევიდან გამოსვლასთან ერთად მოხვევის რადიუსი თანდათანობით იზრდება, აჩქარების  $d\omega/dt$  მიმართულება იცვლება და ინერციის ტანგენციალური ძალა  $(G/g)ad\omega/dt$  აუცილებელია გამოაკლდეს  $P'_y$ .

**15. სპეციალიზებული ტრაქტორ TT-4-ის და მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა) სტატიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში**

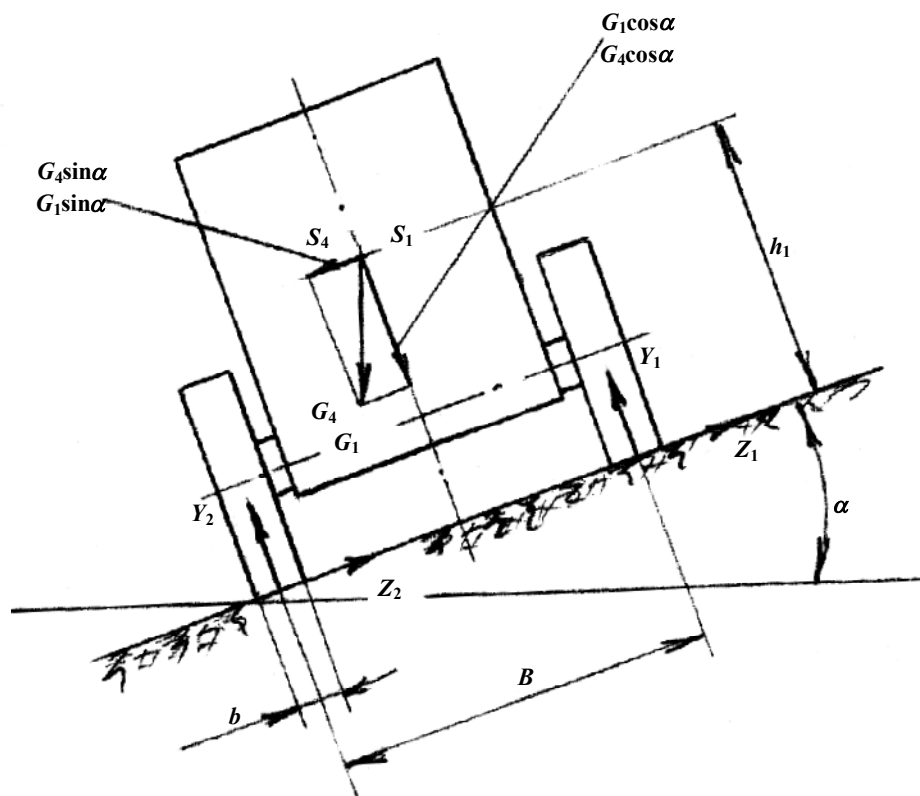
გამოკვლევები ჩატარებულია ტრაქტორ TT-4-ის და მთა-ის მდგრადობის, კერძოდ სტატიკური განივი მდგრადობის ზღვრული მნიშვნელობის დასადგენად [33-43].

მთის ფერდობებზე განივი მიმართულებით მოძრაობის დროს გამავლობაზე მეტად, ტრაქტორ TT-4-ისა და მთა-სათვის საშიშია განივი მდგრადობის დაკარგვა.

ნახ. 8 -ზე მოცემულია ტრაქტორ TT-4-ზე და მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა. სწორხაზოვანი თანაბარი მოძრაობის დროს მორების მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობა ში, მათზე მოქმედებენ შემდეგი ძალები:

- ტრაქტორ TT-4-ის ან მთა-ის წონა, შესაბამისად  $G_1$  და  $G_4$ , მოდებული სიმძიმის ცენტრში  $S_1$  და  $S_4$  მუხლუხას საყრდენი ზედაპირიდან  $h_1 = 1,11$  მ და  $h_4 = 1,133$  მ სიმაღლეზე;
- ნიადაგის ზედაპირის რეაქციები, მოქმ ედი მუხლუხას სიბრტყეში:  $Y_2$  და  $Y_1$  და  $A-A$  სიბრტყეში:  $Z_2$  და  $Z_1$ .

ტრაქტორ TT-4-ის და მთა-ის მდგრადობა განპირობებულია მათი გადაყირაგების დაწყებით, სავალი ნაწილის საყრდენი ზედაპირის ქვედა წიბოსთან ახლოს.



ნახ. 8. ტრაქტორ TT-4-ზე და მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში ერთი სიმძიმის ცენტრით

პრაქტიკულად მუხლუხა ტრაქტორების მაძრავებში შესაძლებელია საყრდენი საგორავების დაყენება, მუხლუხა ლენტის ცენტრალურ ნაწილზე დაწოლით, ამიტომ მდგრადობის პირობა უნდა განისაზღვროს

მუხლუხას შუა ქვედა ნაწილის საყრდენი ზედაპირის მიმართ თანაფარდობაში.

ტრაქტორ TT-4-ზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებას,  $Y_2$  რეაქციის მოდეების წერტილის მიმართ თანაფარდობაში ტვირთის გარეშე, აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 8):

$$G_1 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_1 h_1 \sin \alpha, \quad (12)$$

სადაც  $B$  – ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის ღიანდი, 2 მ;

$\alpha$  – გზის აწევის კუთხე.

ფორმულიდან (12) ნიადაგის რეაქცია  $Y_1$  ტოლია:

$$Y_1 = 0,5 G_1 \cos \alpha - \frac{G_1 h_1 \sin \alpha}{B}. \quad (13)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 136 \cos 42^\circ - \frac{136 \cdot 1,11 \sin 42^\circ}{2} = 0.$$

ტრაქტორის გადაყირაგების პირობიდან გამომდინარე,  $Y_1 \leq 0$ ,

ჩვენ შემთხვევაში, ტრაქტორ TT-4-ის მდგრადობა დაირღვევა და დაიწყება მისი გადაყირაგება ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის  $42^\circ$ -ის გაზრდის შემდეგ.

ტრაქტორ TT-4-ის სტატიკური განივი მდგრადობის დასა დგენად, ფარზე პირობითად მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში, ვსარგებლობთ ფორმულით (ნახ. 9):

$$G_1 \frac{B}{2} \cos \alpha + Q_1 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_1 h_1 \sin \alpha + Q_1 h_3 \sin \alpha, \quad (14)$$

$$Y_1 = 0,5(G_1 + Q_1) \cos \alpha - \frac{(G_1 h_1 + Q_1 h_3) \sin \alpha}{B}, \quad (15)$$

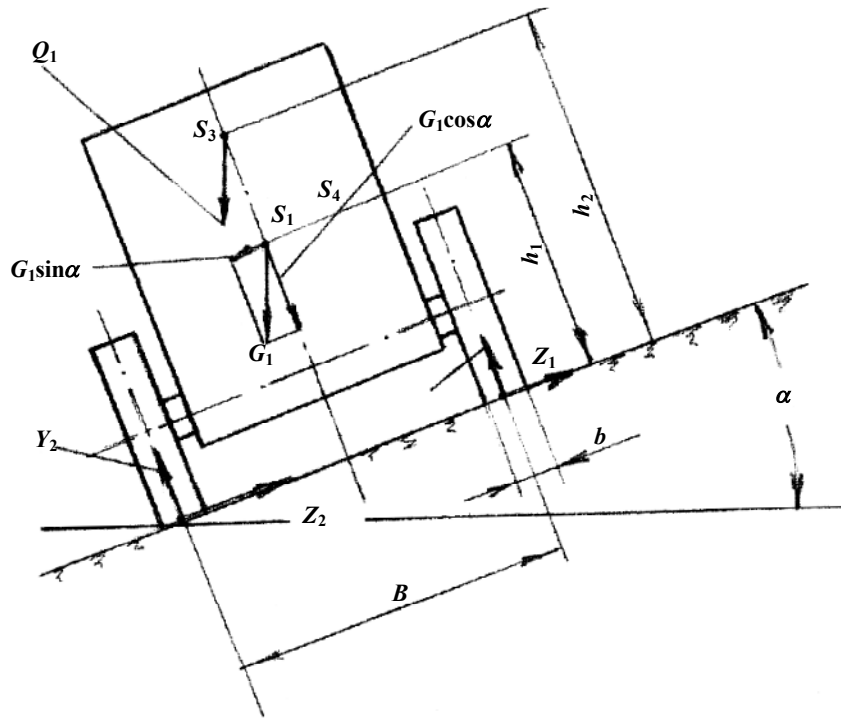
სადაც  $Q_1$  – ფარზე პირობითად დატვირთული შოლტების ან მორების წონა, 50 კნ;

$h_3$  – ტვირთის სიმძიმის ცენტრის  $S_3$  ვერტიკალური კოორდინატა, 1,77 მ.

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით (15) ფორმულაში მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5(136 + 50) \cos \alpha - \frac{(136 \cdot 1,11 + 50 \cdot 1,77) \sin \alpha}{2} =$$

$$= 93 \cos 37^\circ 30' - 120 \sin 37^\circ 30' = 0,73 \text{ კნ.}$$



ნახ. 9. ტრაქტორ TT-4-ზე და მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში TT-4-ის  $S_1$ , აგრეგატის  $S_4$  და ტვირთის  $S_3$  სიმძიმის ცენტრების მიხედვით

ტრაქტორ TT-4-ს არა აქვს საშუალება აწარმოოს ხე-ტყის მორთრევა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში და სავარაუდოდ ანგარიში ჩატარებულია მთა-თან შედარებისათვის. დატვირთული TT-4-ის ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე ტოლია  $37^{\circ}30'$ .

მთა-ის სტატიკური განივი მდგრადობა საჭიროა დაუადგინოთ, როგორც ტვირთით და უტვირთოდ, ასევე ერთი  $S_4$  (აგრეგატის) და ორი  $S_1$  (ტრაქტორის) და  $S_2$  (ძარა-ისრის მექანიზმის) სიმძიმის ცენტრების მიხედვით.

მთა-ზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებას, საყრდენი ნიადაგის  $Y_2$  რეაქციის მოდების წერტილის მიმართ თანაფარდობაში, ექნება შემდეგი სახე (ტრაქტორისა და ძალა-ისრის მექანიზმის ერთი საერთო სიმძიმის ცენტრით  $S_4$ , უტვირთოდ):

$$G_4 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_4 h_4 \sin \alpha, \quad (16)$$

$$Y_1 = 0,5 G_4 \cos \alpha - \frac{G_4 h_4 \sin \alpha}{B}, \quad (17)$$

სადაც  $G_4$  – მთა-ის წონა ახალი ტექნოლოგიური აღჭურვილობით, 156 კნ;

$h_4$  – მთა-ის ძარა -ისრის მექანიზმის, სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური კოორდინატა, 1,133 მ.

ფორმულა (17) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შედეგად გვექნება:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 156 \cos \alpha - \frac{156 \cdot 1,133 \sin \alpha}{2} =$$

$$= 78 \cdot \cos 41^\circ 30' - 88,4 \sin 41^\circ 30' = -0,16 \text{ კნ.}$$

დაუტვირთავი მთა-ის ერთი სიმძიმის ცენტრით სტატიკური განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხე ტოლია  $41^\circ 30'$ .

ორი სიმძიმის ცენტრის  $S_1$  და  $S_2$ -ის მიხედვით თ, მთა-ის სტატიკური განივი მდგრადობის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$G_1 \frac{B}{2} \cos \alpha + G_2 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_1 h_1 \sin \alpha + G_2 h_2 \sin \alpha, \quad (18)$$

საიდანაც

$$Y_1 = 0,5(G_1 + G_2) \cos \alpha - \frac{(G_1 h_1 + G_2 h_2) \sin \alpha}{B}; \quad (19)$$

(19) ფორმულაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5(136 + 20) \cos 41^\circ - \frac{(136 \cdot 1,11 + 20 \cdot 1,45) \sin 41^\circ}{2} = -0,16 \text{ კნ.}$$

მთა-ის სტატიკურ განივ მდგრადობაზე ჩატარებულმა გაანგარიშებებმა დაგვანახა, რომ აგრეგატის მდგრადობის ზღვრული კუთხის მნიშვნელობები ერთი სიმძიმის ცენტრის მიხედვით არის  $41^\circ 30'$ , ორი სიმძიმის ცენტრის–  $41^\circ$ , რაც მხოლოდ 0,5-ით განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ეს ადასტურებს მთა-ის საერთო სიმძიმის ცენტრის გაანგარიშების, ანუ გამოყენებული გრაფიკული ანალიზური მეთოდის სისწორეს.

დატვირთული მთა-ის სტატიკური განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხის დასადგენად ვსარგებლობთ მთა-ზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებით (ორი სიმძიმის ცენტრით  $S_4, S_3$ ):

$$G_4 \frac{B}{2} \cos \alpha + Q_1 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_4 h_4 \sin \alpha + Q_1 h_3 \sin \alpha, \quad (20)$$

$$Y_1 = 0,5(G_4 + Q_1) \cos \alpha - \frac{(G_4 h_4 + Q_1 h_3) \sin \alpha}{B}, \quad (21)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5(156 + 50) \cos 38^\circ - \frac{(156 \cdot 1,133 + 50 \cdot 1,77) \sin 38^\circ}{2} = -0,49 \text{ კნ.}$$

დატვირთული მთა-ის სტატიკური განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხე ორი სიმძიმის ცენტრით:  $S_4$  (აგრეგატის) და  $S_5$  (ტვირთის) ტოლია  $38^\circ$ .

ვიანგარიშით დატვირთული მთა-სათვის ფერდობის დახრის სტატიკური ზღვრული კუთხე მდგრადობაზე სიმძიმის ცენტრის  $S_5$  მიხედვით:

$$G_5 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + \frac{G_5 h_5}{B} \sin \alpha, \quad (22)$$

$$Y_1 = 0,5 G_5 \cos \alpha - \frac{G_5 h_5}{B} \sin \alpha, \quad (23)$$

სადაც  $G_5$  – მთა-ის წონა დატვირთულ მდგომარეობაში, 206 კნ;

$h_5$  – დატვირთული მთა-ის სიმძიმის ცენტრის  $S_5$  ვერტიკალური კოორდინატა, 1,24 მ.

(23) ფორმულაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 206 \cos 39^\circ - \frac{206 \cdot 1,24}{2} \sin 39^\circ = -0,33 \text{ კნ.}$$

სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორ TT-4-ის და მთა-ის სტატიკურ განივ მდგრადობაზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მთა 0,5 გრადუსით უფრო ნაკლებად მდგრადია ტრაქტორ TT-4-თან შედარებით, რაც გამოწვეულია მასზე ახალი ტექნოლოგიური აღჭურვილობის დამატებით ძარა-ისრის მექანიზმის სახით. ამასთან, 0,5 გრადუსი სხვაობა სტატიკური განივი მდგრადობისათვის დიდი არ არის, მითუმეტეს, რომ მთა-ს აღნიშნული ძარა -ისრის მექანიზმით, განსხვავებით ტრაქტორ TT-4-გან, შეუძლია ძარაზე მორების დატვირთვა, გადმოტვირთვა და რაც ყველაზე მთავარია მორების ტრანსპორტირება მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

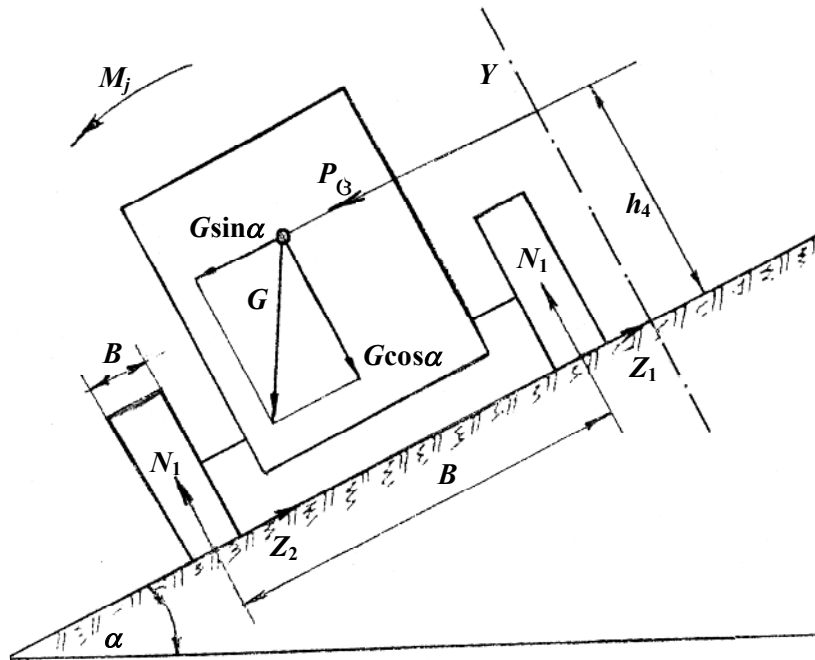
## 1.6. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა

ხე-ტყის სატრანსპორტო სისტემებისათვის, განსაკუთრებით სი მძიმის ცენტრის მაღალი განლაგებით, განივი მდგრადობის სტატიკურ შეფასებას შემოაქვს მნიშვნელოვანი ცდომილებები, ვინაიდან გვერდითი დახრის დროს ხდება შერეოსორებული მასების სიმძიმის ცენტრის დამატებითი გადაადგილება, ჩნდება დამატებითი დახრა -დაგვერდება რეოსორებისა და სალტეების დეფორმაციის ხარჯზე, აგრეთვე არასწორი გზის მონაკვეთებზე მოძრაობის დროს. ამასთან, შერეოსორებული მასები და ტვირთი ასრულებს განივ-კუთხურ რხევებს, რაც მნიშვნელოვანია სატრანსპორტო სისტემის მაღალი სიჩქარით მოძრაობის დროს. დინამიკური დახრის სიდიდე დამოკიდებულია განივ-კუთხური რხევების ინტენსიურობაზე და აქვს პირდაპირი კავშირი მოძრაობის სიჩქარესთან, გზის ან საკაბდოს ხარისხთან, მანქანის პარამეტრებთან და ყველაზე უფრო მეტად საკიდ სისტემასთან.

განივი მდგრადობა განსაზღვრავს მანქანის უნარს შეინარჩუნოს მოცემული მოძრაობა: გადაყირაგებისა და დაცურების გარეშე, მოქნივისაგან მრუდწირული მოძრაობის, აგრეთვე გვერდითი გადაადგილების და ფერდობზე დაცურების დროს. ამასთან, უფრო საშიშია მანქანის მდგრადობის დაკარგვა განივი მიმართულებით, რადგანაც მეტწილად ტრაქტორების და მანქანების ლიანდის სიგანე ნაკლებია, საყრდენი ზედაპირის სიგრძეზე.

### 1.6.1. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა $\alpha$ კუთხით დახრილ ფერდობზე დაძვრისა და გაქანების დროს

$\alpha$  კუთხის დახრილ ფერდობზე მთავრის დაძვრის, გაქანების და დამუხრუჭების შემთხვევებში განივი მიმართულებით აღიძვრება ძრავისი და გადაცემის მბრუნავი ნაწილების ინერციის მხები ძალების მომენტი  $M_j$ , რომელიც მოქმედებს ტრაქტორის განივ სიბრტყეში და მიისწრაფის მისი განივი მდგრადობის შემცირებისაკენ (ნახ. 10).



ნახ. 10. მთა-ზე ძალების მოქმედების სქემა, დინამიკური განივი მდგრადობის გამოსაკვლევა

ამ შემთხვევაში, მთა-ზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებას საყრდენი ნივთიერების  $Y_2$  რეაქციის მოდების წერტილის მიმართ თანაფარდობაში ექნება შემდეგი სახე:

$$G_4 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_4 h_4 \sin \alpha + M_j, \quad (24)$$

საიდანაც

$$Y_1 = 0,5 G_4 \cos \alpha - \frac{G_4 h_4 \sin \alpha}{B} - \frac{M_j}{B}, \quad (25)$$

სადაც  $M_j$  – ძრავასი და გადაცემის მბრუნავი ნაწილების ინერციის მხები ძალების ჯამური მომენტი, კნმ.

მთა-ის მოძრაობის დასაწყისში და მისი გაქანების დროს  $M_j$  მომენტის საშუალო მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$M_j = (\beta - 1) M_6 = (1,5 - 1) 50 = 25 \text{ კნმ}, \quad (26)$$

სადაც  $M_6$  – ძრავას ნომინალური მბრუნავი მომენტი, 50 კნმ;

$\beta$  – ქუროს მ.კ.კ, 1,5.

(25) ფორმულაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 156 \cdot \cos 35^\circ - \frac{156 \cdot 1,133 \cdot \sin 35^\circ}{2} - \frac{25}{2} = 0,7 \text{ კნ}.$$



დაუტვირთავი მთა-ის დაძვრისა და გაქანების დროს, დინამიკური განივი მდგრადობის ზღვ რული კუთხე  $\alpha_0 = 35^\circ$ , 0,5 გრადუსით ნაკლებია, აგრეგატის სტატიკურ განივ მდგრადობასთან შედარებით.

მთა-თვის ტვირთით იგივე პირობებში გვექნება:

$$G_5 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_5 h_5 \sin \alpha + M_j, \quad (27)$$

$$Y_1 = 0,5 G_5 \cos \alpha - \frac{G_5 h_5 \sin \alpha}{B} - \frac{M_j}{B}. \quad (28)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 206 \cdot \cos 34^\circ 30' - \frac{206 \cdot 1,24 \sin 34^\circ 30'}{2} - \frac{25}{2} = 0,05 \text{ კნ.}$$

$\alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის დაძვრის და გაქანების დროს ტვირთით დინამიკური განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხე ტოლია  $34^\circ 30'$ .

შედარებისათვის ვიანგარიშით პირობითად დატვირთულ ტრაქტორ TT-4-ის დინამიკური განივი მდგრადობა ანალოგიურ პირობებში. ამ შემთხვევაში, ტრაქტორ TT-4-ზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$G_1 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_1 h_1 \sin \alpha + M_j, \quad (29)$$

$$Y_1 = 0,5 G_1 \cos \alpha - \frac{G_1 h_1 \sin \alpha}{B} - \frac{M_j}{B}, \quad (30)$$

$$Y_1 = 0,5 \cdot 136 \cdot \cos 35^\circ 30' - \frac{136 \cdot 1,11 \cdot \sin 35^\circ 30'}{2} - \frac{25}{2} = -0,97 \text{ კნ.}$$

მთა-ის დინამიკური განივი მდგრადობა, კერძოდ ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე დაძვრის, გაქანების და დამუხრუჭების დროს მნიშვნელოვნად მცირეა, სტატიკური განივი მდგრადობის ზღვრულ კუთხესთან შედარებით: დაუტვირთავი სტატიკური –  $41^\circ 30'$ , დატვირთული –  $38^\circ$ ; დაუტვირთავი დინამიკური –  $35^\circ$ , დატვირთული –  $34^\circ 30'$ . პირობითად დატვირთული ტრაქტორ TT-4-ის დინამიკური განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხის  $35^\circ 30'$  განსხვავება, მთა-ის მდგრადობის ზღვრულ კუთხესთან შედარებით –  $34^\circ 30'$ , გამოწვეულია მთა-ზე ძარბისრის მექანიზმის დამატებით და სიმძიმის ცენტრის გადაადგილებით.

**1.6.2. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური  
განივი მდგრადობის გამოკვლევა მრუდწირული  
მოძრაობის დროს**

მთა-ის მრუდწირული მოძრაობის დროს, განივ მდგრადობაზე არსებით გავლენას ახდენს აღძრული ინერციის ძალები. ჰორიზონტა - ლური გზის მონაკვეთზე დამყარებული სიჩქარით მოძრაობის და  $O$  ცენტრის გარშემო მუდმივი რადიუსით მობრუნების დროს აღიძვრება რეზულტირებული ცენტრიდანული ძალა  $P_G$ , მოდებული მთა-ის სიმძიმის ცენტრში და მიმართული ბრუნვის ცენტრიდან რადიუსზე (ნახ. 11):

$$P_G = ma = G\omega^2 \frac{R_0}{g}, \quad (31)$$

სადაც  $m$  – მთა-ის მასა;

$a$  – მთა-ის აჩქარება;

$\omega$  – მთა-ის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე მობრუნების ცენტრის გარშემო;

$R_0$  – მთა-ის სიმძიმის ცენტრის მობრუნების რადიუსი;

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება.

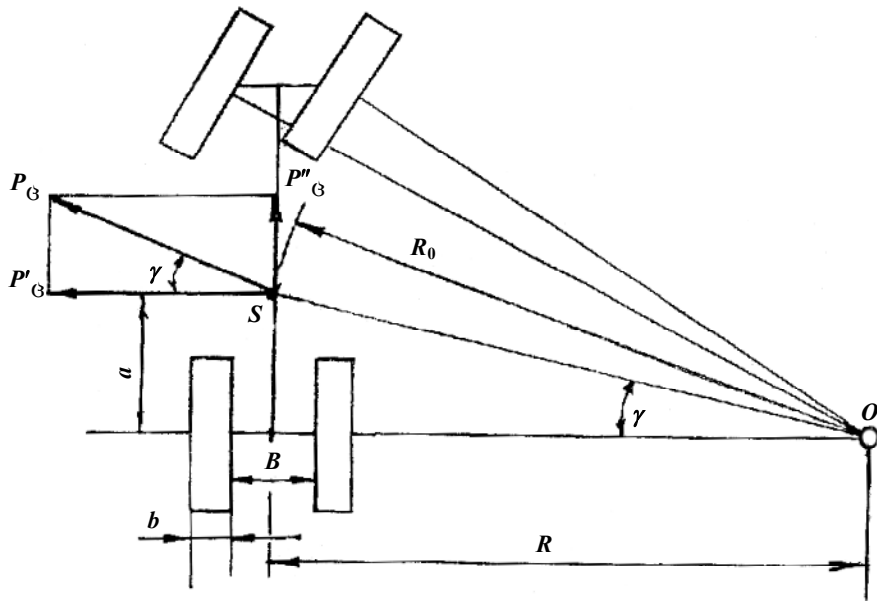
ცენტრიდანული ძალის  $P_G$  ორ მდგენელად დაშლით მივიღებთ, რომ ერთ-ერთი მათგანი მოქმედებს აგრეგატის განივ სიბრტყეში  $P'_G$  (ნახ. 11) და ახდენს წინა და უკანა ბალანსირის პოჭოჭიკების ღერძებზე ნორმალური დატვირთვების გადანაწილებას. მეორე მდგენელი  $P'_G$  მოქმედებს აგრეგატის განივ სიბრტყეში და მიისწრაფის გადააყიროს აგრეგატი გვერდზე; ცენტრიდანული ძალის მდგენელი  $P'_G$  ტოლია (ნახ. 11).

$$P'_G = P_G \cos \gamma = \frac{G}{g} \omega^2 R_0 \cos \gamma = \frac{G}{g} \omega^2 R = \frac{G}{g} \cdot \frac{V_{\text{საშ}}^2}{R}, \quad (32)$$

სადაც  $\gamma$  – ჯამური ცენტრიდანული ძალის განივ სი ბრტყესთან დახრის კუთხე;

$V_{\text{საშ}}$  – აგრეგატის საშუალო სიჩქარე მობრუნების დროს;

$R$  – მთა-ის მობრუნების რადიუსი.



ნახ. 11. ცენტრიდანული ძალის საანგარიშო სქემა მთა-ის მრუდწირული მოძრაობის დროს

1. მთა-ზე მოსახვევში ვა კე ადგილზე მოძრაობის დროს, მასზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების განტოლებას  $y_2$  რეაქციის მოღების წერტილთან ფარდობაში ექნება სახე:

$$G_5 \frac{B}{2} = Y_1 B + P'_G h_5 + M_j. \quad (33)$$

დატვირთული მთა კორიზონტალური გზის მონაკვეთზე თანაბარი სიჩქარით მოძრაობის დროს, 2 მეტრიანი რადიუსით მოხვევის მობრუნების შემთხვევაში, განივ მდგრადობას დაკარგავს შემდეგ სიჩქარეზე:

$$G_5 \frac{B}{2} = Y_1 B + P'_G h_5, \quad (34)$$

საიდანაც

$$Y_1 = 0,5 G_5 - \frac{G_5 V_{საშ}^2 h_5}{g R B}. \quad (35)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით, მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 206 - \frac{206 \cdot 3,98^2 \cdot 1,24}{9,81 \cdot 2 \cdot 2} = -0,12 \text{ კნ.}$$

დატვირთული -  $V_{საშ} = 3,98 \text{ მ/წმ} = 14,3 \text{ კმ/სთ.}$

იგივე პირობებში დატვირთავი მთა მდგრადობას დაკარგავს შემდეგ სიჩქარეზე:

$$Y_1 = 0,5G_4 - \frac{G_4 V_{\text{საშ}}^2 h_4}{gRB} = 0,5 \cdot 156 - \frac{156 \cdot 4,15^2 \cdot 1,133}{9,81 \cdot 2 \cdot 2} = 0,43 \text{ კნ.}$$

დაუტვირთავი –  $V_{\text{საშ}} = 4,15 \text{ მ/წმ} = 14,9 \text{ კმ/სთ.}$

მთა დატვირთულ მდგომარეობაში ჰორიზონტალური გზის მონაკვეთზე 2 მეტრიანი რადიუსით მობრუნების შემთხვევაში, დაკარგავს მდგრადობას 14,3 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობის დროს, ხოლო დაუტვირთავი, იგივე პირობებში – 14,9 კმ/სთ [37-38].

2. თეორიულად, მთიან ტყესაკაფებზე მთა-ს დატვირთულ მდგომარეობაში 2,8 მ/წმ სიჩქარით, ჰორიზონტალური გზის მონაკვეთზე მოძრაობის დროს, უმაღლეს მე-8-ე გადაცემაზე გვექნება:

$$Y_1^8 = 0,5G_5 - \frac{G_5 V_{\text{საშ}}^2 h_5}{gRB} - \frac{M_j}{B}. \quad (36)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1^8 = 0,5 \cdot 206 - \frac{206 \cdot 2,8^2 \cdot 1,24}{9,81 \cdot 2 \cdot 2} - \frac{25}{2} = 39,5 \text{ კნ.}$$

2,8 მ/წმ ანუ 10,05 კმ/სთ თანაბარი სიჩქარით მოძრაობის დროს, მთა მყარად ინარჩუნებს მდგრადობას 2 მეტრიანი რადიუსით მობრუნების შემთხვევაში.

3. გამოვიკვლიოთ მთა-ის დინამიკური განივი მდგრადობა ფერდობზე განივი მიმართულებით გადაადგილების დროს, დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში 2 მ რადიუსით აღმართის მხარეს მობრუნების შემთხვევაში. ამ შემთხვევაში მთა -ზე მოქმედი ყველა ძალების განტოლებას ექნება შემდეგი სახე:

$$G_5 \frac{B}{2} \cos \alpha = Y_1 B + G_5 h_5 \sin \alpha + P'_G h_5 + M_j, \quad (37)$$

$$Y_1 = 0,5G_5 \cos \alpha - \frac{G_5 h_5 \sin \alpha}{B} - \frac{P'_G h_5}{B} - \frac{M_j}{B}. \quad (38)$$

ვანგარიშობთ ცენტრიდანული ძალის მდგენელს  $P'_G$ . მივიღოთ სიჩქარეები: უმაღლეს მე-8-ე გადაცემაზე  $V_{\text{საშ}} = 2,8 \text{ მ/წმ}$  და პირველ გადაცემაზე  $V_{\text{საშ}} = 0,63 \text{ მ/წმ.}$

დატვირთულ მდგომარეობაში გვექნება:

$$P'_{G8} = \frac{G_5}{g} \cdot \frac{V_{\text{საშ}8}}{R} = \frac{206}{9,81} \cdot \frac{2,8^2}{2} = 82,3 \text{ კნ,} \quad (39)$$

$$P'_{G1} = \frac{206}{9,81} \cdot \frac{0,63^2}{2} = 4,2 \text{ კნ.} \quad (40)$$

(38) ფორმულის თანახმად  $\alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მობრუნების დროს მე-8-ე სიჩქარეზე გვექნება:

$$Y_1^8 = 0,5 \cdot 206 \cdot \cos 16^\circ - \frac{206 \cdot 1,24 \cdot \sin 16^\circ}{2} - \frac{82,3 \cdot 1,24}{2} - \frac{25}{2} = 0,28 \text{ კნ.}$$

$$\alpha_{\text{ყ}} = 16^\circ.$$

პირველ სიჩქარეზე:

$$Y_1^1 = 0,5 \cdot 206 \cdot \cos 33^\circ 30' - \frac{206 \cdot 1,24 \cdot \sin 33^\circ 30'}{2} - \frac{4,2 \cdot 1,24}{2} - \frac{25}{2} = 0,3 \text{ კნ.}$$

$$\alpha_{\text{ყ}} = 33^\circ 30'.$$

მ0ა-ს დაუტვირთავ მდგომარეობაში  $\alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მობრუნების დროს გვექნება:

$$P'_{G8} = \frac{G_4}{g} \cdot \frac{V_{\text{საშ}}^2}{R} = \frac{156}{9,81} \cdot \frac{2,8^2}{2} = 62 \text{ კნ,}$$

$$P'_{G1} = \frac{156}{9,81} \cdot \frac{0,63^2}{2} = 3,2 \text{ კნ.}$$

$$Y_1^8 = 0,5G_4 \cos \alpha - \frac{G_4 h_4 \sin \alpha}{2} - \frac{P'_{G8}}{2} - \frac{M_j}{2} =$$

$$= 0,5 \cdot 156 \cdot \cos 17^\circ 30' - \frac{156 \cdot 1,133 \cdot \sin 17^\circ 30'}{2} - \frac{62 \cdot 1,133}{2} - \frac{25}{2} = 0,2 \text{ კნ.}$$

$$\alpha_{\text{ყ}} = 17^\circ 30'.$$

პირველ სიჩქარეზე დაუტვირთავ მდგომარეობაში:

$$Y_1^1 = 0,5 \cdot 156 \cdot \cos 34^\circ - \frac{156 \cdot 1,133 \cdot \sin 34^\circ}{2} - \frac{3,2 \cdot 1,133}{2} - \frac{25}{2} = 0,94 \text{ კნ,}$$

$$\alpha_{\text{ყ}} = 34^\circ.$$

შედარებისათვის ვიანგარიშოთ ტრაქტორ TT-4-ის განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხე ფერდობზე მოხვევის დროს, დაუტვირთავ მდგომარეობაში უმაღლეს მე-8-ე სიჩქარეზე:

$$Y_1^8 = 0,5G_1 \cos \alpha - \frac{G_1 h_1 \sin \alpha}{B} - \frac{P'_G h_1}{B} - \frac{M_j}{B}, \quad (41)$$

ტრაქტორ TT-4-ის ცენტრიდანული ძალის მდგენელი  $P'_G$  უმაღლეს მე-8-ე სიჩქარეზე ტოლია:

$$P'_{G8} = \frac{136}{9,81} \cdot \frac{2,8^2}{2} = 54,3 \text{ კნ.}$$

ფორმულაში (41) მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$Y_1 = 0,5 \cdot 136 \cdot \cos 17^\circ - \frac{136 \cdot 1,11 \cdot \sin 17^\circ}{2} - \frac{54,3 \cdot 1,11}{2} - \frac{25}{2} = 0,32 \text{ კნ.}$$

$$\alpha_{\text{q}} = 17^\circ.$$

დაუტვირთავი ტრაქტორი TT-4 უმაღლეს მე -8-ე სიჩქარეზე მო ხვევის დროს წონასწორობას დაკარგავს ფერდობის დახრის კუთხის  $\alpha_{\text{q}} = 17^\circ$  დროს.

## 1.7. მანქანის გრძივი მდგრადობა

გრძივი მდგრადობა ხასიათდება მანქანის უნარით იმოძრაოს ქანობზე წინა ან უკანა თვლების საყრდენ წერტილებში გამ ავალი ღერძების ან მუხლუხა მაძრავის წინა ან უკანა საყრდენი საგორავის იმავე ღერძების გარშემო გადაყირავების გარეშე, შემდგომ საწვეი ან დამჭიმი ვარსკვლავას გარშემო გადაყირავებით. გრძივი მდგრადობა ირღვევა, როცა გარეშე ძალების და მომენტების მოქმედებით წინა ან უკანა თვლები მთლიანად განიტვირთებიან და იწყებენ გრუნტისაგან მოწყვეტას, ამასთან გრუნტის მოქმედი ნორმალური რეაქცია  $Z_1 = 0$  ან  $Z_2 = 0$  (ნახ. 12 ). თვლიანი ტრაქტორის გაჩერების და  $Z_1 = 0$ -ის დროს, მთელი დატვირთვა მიიღება უკანა თვლებით და მათზე მოქმედებს გრუნტის ნორმალური რეაქცია  $Z_2 = G \cos \alpha$ . სიმძიმის ძალის გრძივი მდგენელი  $G \sin \alpha$  მიისწრაფის დააგოროს ტრაქტორი ქვემოთ. ამას ეწინააღმდეგება უკანა თვლებზე მოდებული სამუხრუჭე ძალა  $P_{\text{წ}}$  და უკანა თვლების გორვის წინააღმდეგობის მომენტი  $M_{\text{წ}}$ . წინააღმდეგობის მომენტის სიდიდე უმნიშვნელოა და ანგარიშების დროს, შეიძლება არ გაავითვალისწინოთ [33].

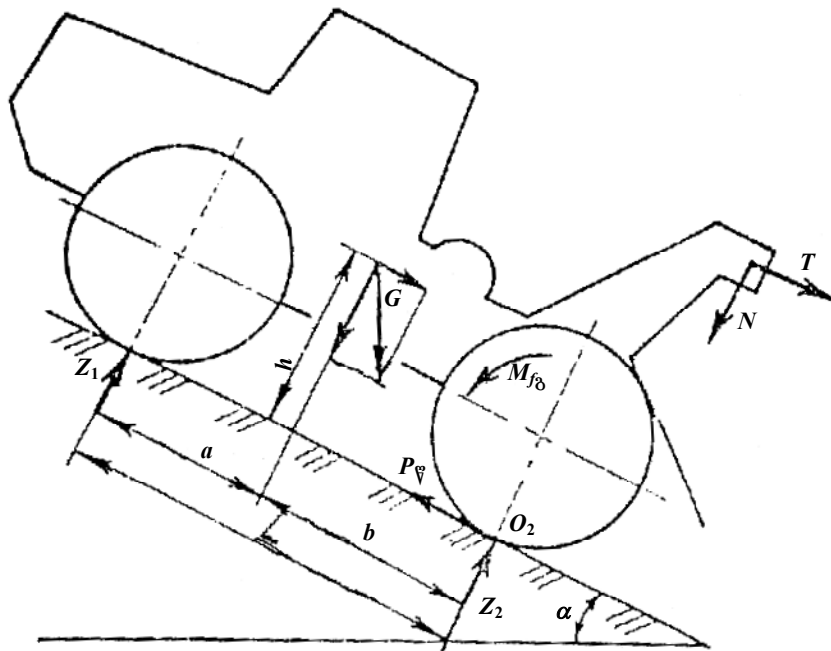
პარამეტრის სახით, რომელიც ახასიათებს მანქანის ან ტრაქტორის გრძივ მდგრადობას, მიიღება ჩვეულებრივად სტატიკური აწვეის კრიტიკული კუთხე  $\alpha_{\text{კ}}$ . ამასთან, სატრანსპორტო სისტემა იქნება წონასწორობის არამდგრად მდგომარეობაში, თუ სიმძიმის ძალის ვექტორი გადის შესაძლო გადაყირავების  $Q_2$  წერტილზე. წონასწორობის

პირობა სისტემის ამ წერტილთან თანაფარდობაში, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 12 -ზე, როცა მანქანასა და ხეების შეკრულას შორის ძალების ურთიერთქმედება არ არსებობს ( $F=0, N=0$ ) იქნება:

$$G \cos \alpha_s b - G \sin \alpha_s h = 0,$$

საიდანაც ვღებულობთ გრძივი მდგრადობის პირობას  $\operatorname{tg} \alpha_s = \frac{b}{h}$ . თუ

$\operatorname{tg} \alpha_s > \frac{b}{h}$ , მაშინ მანქანის გრძივი მდგრადობა ირღვევა.



ნახ. 12. თვლიან ტრაქტორზე ძალების მოქმედების სქემა ქანობზე გადაადგილების დროს

მორსათრევი ტრაქტორის მოძრაობის დროს, მისი გრძივი მდგრადობა ქვეითდება ხეების შეკრულაზე მოდებული გორვის წინააღმდეგობის ძალისა და წვევაზე დატვირთვის ზემოქმედებით, მაგრამ ამ შემთხვევაში, გადაყირავენას წინ უსწრებს მანქანის მართულობის დარღვევა წინა ღერძის განტვირთვის შედეგად. მორსათრევი მანქანის ან ტრაქტორის მოძრაობაში გრძივი მდგრადობის შეფასების დროს, საჭიროა განისაზღვროს ტექნოლოგიური ძალები  $T$  და  $N$ , ხოლო გადაყირავენების დერძად საჭიროა მივიღოთ უკანა თვლების ღერძი. ცარიელი ტყესაზიდი საწვევარას გრძივი მდგრადობის შეფასება წარმოებს ანალოგიურად, ხოლო ტვირთით მოძრაობის დროს, ანგარიშში მიიღება

ხეების შეკრულას კეხზე დატვირთვა და კაკვის ძალა. თვლიანი მანქანების გრძივი მდგრადობა აღმართებზე ან ქანობებზე (დაღმართებზე) განხერხების დროს, შეიძლება დაირღვეს თვლების საყრდენ ზედაპირთან არასაკმარისი ჩაჭიდების და ჩამოცურების გამო.

თვლიანი ტრაქტორებისათვის ტვირთის გარეშე უკანა ღერძის თვლებზე მუხრუჭების არსებობის დროს, აწვევის კრიტიკული კუთხე  $\alpha_\varphi$  გამოისახება შემდეგნაირად:

$$tg\alpha_\varphi = \frac{\varphi_{\text{ჩჭ}}(L-b)}{L-\varphi_{\text{ჩჭ}}h}. \quad (42)$$

აღმართზე თანაბარი მოძრაობის დროს კაკვზე წვევის ძალის გარეშე, გზაზე გორვის მცირე წინააღმდეგობის კოეფიციენტით, სატრანსპორტო სისტემის გადაადგილების ერთადერთ შემაფერხებელ ძალას წარმოადგენს აღმართზე ასვლის წინააღმდეგობა. პირობას, რომელიც გამოხატავს მანქანის გადაყირაგების შეუძლებლობას თავისი საწვევი თვისებებით, აქვს შემდეგი სახე:

$$P_{\text{მmax}} < G \sin \alpha, \quad (43)$$

სადაც  $P_{\text{მmax}}$  – მაქსიმალური მხები წვევის ძალა ჩაჭიდების პირობების მიხედვით.

თუ  $P_{\text{მmax}} < G \sin \alpha$ , მაშინ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გრძივი მდგრადობის დაკარგვას, კრიტიკულ კუთხეებზე ნაკლები აღმართების შემთხვევაში. კრიტიკულთან ახლო კუთხეების დროს ხდება მართულობის დარღვევა.

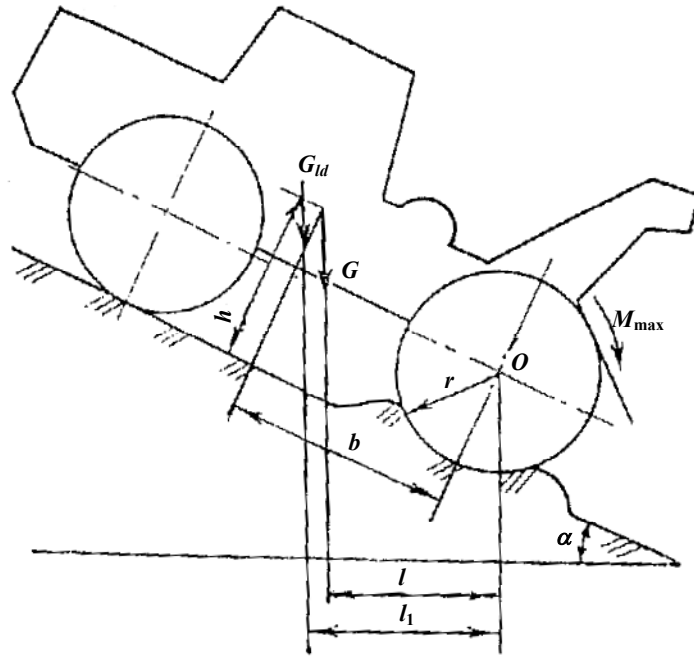
მოკლებაზიანი მანქანების გადაყირაგების სერიოზულ საფრთხეს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს წამყვანი თვლების ჩაჭედვის დროს. ამ შემთხვევისათვის, წონასწორობის პირობას ექნება შემდეგი სახე (ნაჩ3)

$$M_{\text{max}} = G_{\text{სძ}} I_1, \quad (44)$$

სადაც  $G_{\text{სძ}}$  – მანქანის სიმძიმის ძალა, წამყვანი თვლების სიმძიმის ძალის გამოკლებით;  $M_{\text{max}}$  – წამყვან თვლებზე მბრუნავი მომენტის შესაძლო კრიტიკული მნიშვნელობა. რადგანაც

$$G_{\text{სძ}} I_1 = Gl = Gb \cos \alpha - G(h-r) \sin \alpha,$$





ნახ. 13. თვლიან ტრაქტორზე ძალების მოქმედების სქემა  
თვლების ჩატედივის დროს

მაშინ თვლიანი ტრაქტორის სადგარის ჩატედილი თვლების ღერძის გარშემო მობრუნების შეუძლებლობის პირობა, შეიძლება დაიწეროს შემდეგი სახით:

$$G[b \cos \alpha - (h - r) \sin \alpha] > \beta M_e i_{\text{ტრ}} \eta_{\text{ტრ}}, \quad (45)$$

სადაც  $M_e$  - ძრავას ნომინალური მბრუნავი მომენტი;  $\beta$  - ქუროს მ.ქ.კ.;  
 $i_{\text{ტრ}}$  - ტრანსმისიის გადაცემის რიცხვი;  $\eta_{\text{ტრ}}$  - ტრანსმისიის მ.ქ.კ.

მუხლუხა ტრაქტორების გრძივი მდგრადობა ხასიათდება დაწოლის ცენტრის მდებარეობით, რომელიც აღმართზე გადაინაცვლებს მუხლუხას ზედაპირის უკანა წიბოზე, ხოლო დაღმართზე - წინა წიბოზე. კრიტიკული კუთხეები  $\alpha$ , მუხლუხა ტრაქტორებისათვის განისაზღვრებიან განხილული შემთხვევების ანალოგიურად და დამოკიდებულნი არიან მუხლუხების საყრდენი ზედაპირების სიგრძეზე, სიმძიმის ცენტრის კოორდინატებზე, მუხლუხების დაწოლის ცენტრებზე, მანქანის სხვა პარამეტრებზე, ხოლო ხეების შეკრულათი მოძრაობის შემთხვევაში, ტექნოლოგიური ძალების გათვალისწინებით, განისაზღვრებიან საანგარიშო სქემებისა და საერთო დინამიკის განტოლების საფუძველზე. თუ აწვევის და დახრის სტატიკური კუთხეები მეტია ფორმულებით განსაზღვრულ მნიშვნელობებზე, მაშინ მუხლუხა ტრაქტორის ავარიული გადაყირავების მომენტი ჯერ კიდევ არ დამდგარა.

ტრაქტორი „ დაჯდება“ მუხლუხას უკანა ან წინა დახრილ განშტოებაზე და მისი შემდგომი შემობრუნება შეიძლება მოხდეს, მიმართველი ან წამყვანი თვლების გრუნტთან შეხების წერტილების მიმართ.

ორსაყრდენიანი, ბალანსირებული, დაკიდების სისტემიანი ტრაქტორების გრძივი მდგრადობა ირღვევა, დაწოლის ცენტრის მუხლუხას საყრდენი ზედაპირების შუადან იმ მანძილზე გადაადგილებით, რომელიც საყრდენი ურიკების გრძივი ბაზის ნახევრის ტოლია, ე.ი. ტრაქტორის სადგარის გადაყირავება მოხდება შე საბამისი საყრდენი ურიკის ღერძის გარშემო.

მუხლუხა ტრაქტორები თვლიანებზე გაცილებით მდგრადია და მათი გრძივი გადაყირავების საშიშროება მცირეა. მუხლუხა ტრაქტორების გრუნტთან მაღალი ჩაჭიდების თვისებების გამო, მათი გრძივი მდგრადობა ჩამოცურების წინააღმდეგ, გადაყირავ ებასთან შედარებით არ არის დაბალი.

## 1.8. მანქანები მთიან ტყესაკაფებზე

მთიანი ტყესაკაფების ასათვისებლად, ხე -ტყის სხვადასხვა სატრანსპორტო ალტერნატიული საშუალებებისაგან განსხვავებით, ხელსაყრელია გამოყენებული იყოს სპეციალიზებული მუხლუხა და თვლიანი მორსათრევი ტრაქტორები და აგრეგატები, რომლებიც არ თხოულობენ დამატებით ხარჯებს ს სამონტაჟო და მოსამზადებელ სამუშაოებზე, აგრეთვე საბაგრო მორსათრევი დანადგარები.

მუხლუხა და თვლიანი მანქანები ს ტყესაკაფის ზედაპირზე მოძრაობის შესწავლის დროს, დაბრკოლებები არ შეიძლება განხილული იყოს მანქანის კონფიგურაციის, მახასიათებლის და მისი მაძრავის საწვევ -ჩაჭიდების ხარისხისაგან ცალკე, რადგანაც ერთი და იგივე უთანაბრო ზედაპირები ახდენენ სხვადასხვა მოქმედებას მცირე და დიდი მანქანების გამავლობაზე.

**გეომეტრიული ზედაპირები** . ზედაპირის გეომეტრია არ წარმოადგენს ერთადერთ მოქმედ ფაქტორს მანქანის გამავლობაზე; მეორე ფაქტორი ზედაპირის ფიზიკური მდგომარეობაა. მცირე თვლიანი ტრაქტორისათვის თვლიანი ბაზით 1270მმ დახრილი ზედაპირი

სიგრძით 2500მმ წარმოადგენს „ფერდობს“, მაშინ როცა დიდი ტრაქტორისათვის 5-ჯერ უფრო მეტი თვლიანი ბაზით, ვიდრე მცირე ტრაქტორის, იგივე უთანაბრობა იქნება „კუზი“. გარდა ამისა, დაბრკოლებების გადალახვის ხერხები ორი მანქანისათვის შეიძლება იყოს განსხვავებული, თუმცა ამ დაბრკოლებების გეომეტრია იგივეა; მცირე ტრაქტორმა ჩაჭიდება შეიძლება დაკარგოს აღმართზე, დიდმა – გამავლობა „კუზზე“ - დასაკეცი ჩარჩოს დაკიდების გამო. ვინაიდან, ჩაჭიდება შეიძლება დაირღვეს გრუნტის ფიზიკური მდგომარეობის გაუარესებით, გამოწვეული წვიმებით ან სხვა ფაქტორებით, მაშინ მანქანის გამავლობას შეიძლება ჰქონდეს შემთხვევითი დამოკიდებულება დაბრკოლების ზედაპირთან. დიდი ტრაქტორის დაკიდება „კუზზე“ ყოველთვის დაკავშირებულია დაბრკოლების გეომეტრიულ ზედაპირთან. ამრიგად, დაბრკოლების გეომეტრიული მახასიათებელი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვანს და არ არის დამოკიდებული ფიზიკურ პირობებზე და ზედაპირის ბუნებაზე. ამ მიზეზით დადარული ადგილის გეომეტრიული თავისებურებების ნებისმიერი აღწერილობა, ფორმასთან დამოუკიდებლად, ზომებით და მანქანის მახასიათებლით, ნაკლებად პრაქტიკული მნიშვნელობისაა; ამიტომ. ზედაპირული დაბრკოლებების აღწერა, დაფუძნებული გეომორფოლოგიაზე და გეოლოგიურად ერთნაირი ტერიტორიების იდენტიფიკაციის ახსნაზე პოულობს უმნიშვნელო გამოყენებას მანქანების გამავლობის თეორიაში. ზუსტად ასევე, ორგანული წარმოშობის გრუნტების ზედაპირების ბოტანიკური და ეკოლოგიური აღწერა არ შეიძლება გამოყენებული იყოს სუსტ გრუნტებზე მანქანების მოდელირებაში.

ინჟინრული თვალსაზრისით, ზედაპირის გეომეტრიული შეფასება უნდა მიმდინარეობდეს შემდეგი კრიტერიუმებით:

1. დაბრკოლების გადალახვა;
2. მანქანით მართულობა;
3. საგზაო კომფორტი.

პირველი კრიტერიუმი ეფუძნება კონცეფციებს „მანქანა გადის“ და „მანქანა ვერ გადის“; „მანქანა გადის“ შემთხვევაში, დაბრკოლებების გამავლობის რაოდენობრივი შეფასება, შეიძლება გამოისახოს სიმძლავრის ხარჯით ან აუცილებელი მბრუნავი მომენტით. მანქანის

მართულობა ჩვეულებრივად ფასდება დროთი, როცა თვლები ან მუხლუხები წყდებიან ზედაპირიდან და იმყოფებიან ჰაერში ი, ე.ი. ხდებიან არამართვადი. და ბოლოს, საბოლოო კრიტერიუმი საგზაო კომფორტი, დაფუძნებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, რხევებისა და ვიბრაციების გამომწვევ დაბრკოლებებზე მანქანის სვლის დროს.

ამრიგად, რომ შევაფასოთ ზედაპირის უთანაბრობა, ამ კრიტერიუმის თვალსაზრისით, ჯუცილებელია განვსაზღვროთ ზედაპირის რეალური პროფილი შეზღუდვებით, მოძრაობის მიმართულებით გამომწვეული მანქანის გეომეტრიული მახასიათებლებით.

მხოლოდ ასეთი მიდგომით შეიძლება შეიქმნას მანქანის სავალი ორგანოების ზედაპირთან ურთიერთქმედების მათემატიკური მოდელი, წინააღმდეგობის გადალახვის დინამიკის, მანქანის და საგზაო კომფორტის მართულობის გამოსავლენად, პროფილის გეომეტრიული მახასიათებლების, ანუ პროფილის ტალღის ამპლიტუდის, მისი სიგრძის და სიხშირის გათვალისწინებით.

გამავლობის სრული ან არასრული დანაკარგი შეიძლება გამომწვეული იყოს ორი მიზეზით. პირველი – მანქანის ნებისმიერი ნაწილის გამოდება (თვლებისა და მუხლუხას გარდა) ცალკეულ დაბრკოლებებზე არასაკმარისი კლირენსის, შეტევის კუთხის და ა.შ. გამავლობის ასეთი დანაკარგი აღვნიშნოთ შემოკლებით გდკ (გამავლობის დანაკარგი კლირენსის, შეტევის კუთხის, აცდენა კუთხის და ა.შ.).

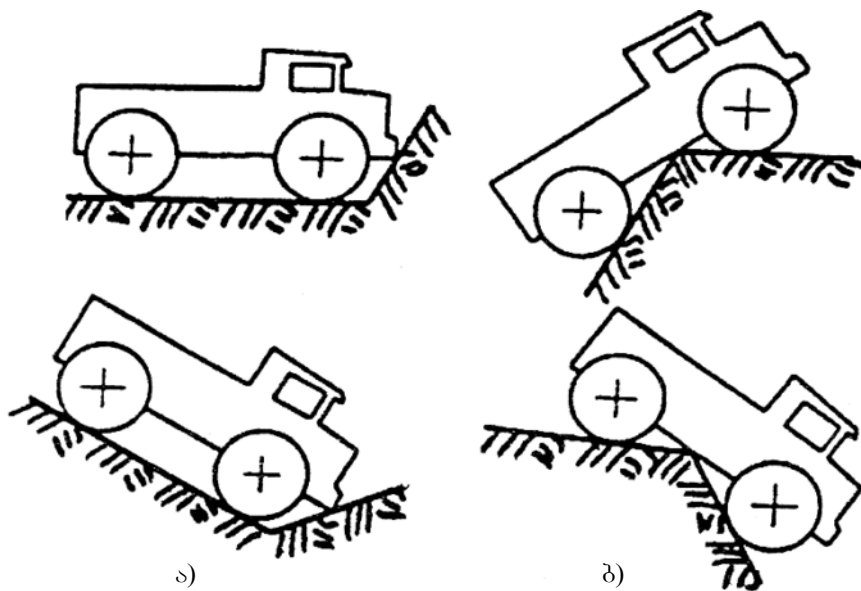
მეორე მიზეზი – ხშირად განმეორებადი დაბრკოლებები, მანქანაში რხევის პროცესის გამომწვევი, რასაც მივეყვართ მოძრაობის სიჩქარის შეცვლასთან ან მთლიან გაჩერებასთან და მდგომარეობის გაუარესებასთან. გამავლობის ასეთი დანაკარგი შემოკლებით აღვნიშნოთ გდვ (გამავლობის დაკარგვა ვიბრაციისა და რხევების ხარჯზე).

ცხადია, რომ გდკ-ს დროს გადაილახება ერთეული დაბრკოლებები, გდვ-ს დროს კი – პერიოდული. შესაბამისად უთანაბრობების გაანალიზება ხდება ორი მეთოდით: პირველი მეთოდი იყენებს დაბრკოლებების ჯგუფის დ ისკრეტული სიდიდეების განაწილებას და ეკუთვნის გდკ -ს, მეორე მეთოდი იყენებს ჰარმონიულ ანალიზს და მიეკუთვნება გდვ-ს.

ასეთი მიდგომა გვეჩვენება ყველაზე უფრო პრაქტიკულად, თუმცა იყო მცდელობები გღვ -ს შეფასებაში, ჰარმონიული ანალიზის მეთოდის გამოყენებით.

ფერდობებზე მ ანქანების გამაველობა გაანალიზდება ცალკეულ მაგალითებზე სტატიკური ან დინამიკური კრიტერიუმების გამოყენებით.

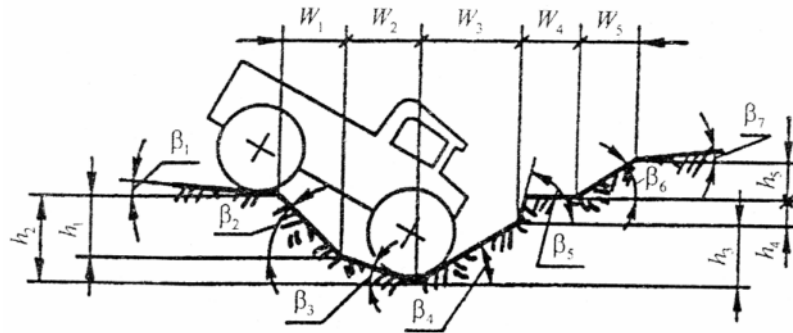
დაბრკოლებების ზომები და ფორმა, რომლებიც იწვევენ მანქანის გამაველობის დაკარგვას, მრავალფეროვანია. მაგრამ შეიძლება შემოიფარგლოს მხოლოდ რამდენიმე ტიპური დაბრკოლებების განხილვით. ამიტომ მათი გეომეტრიის მიხედვით, ყველა დაბრკოლების დაჯგუფების და კლასიფიკაციის მაგივრად, განვსაზღვრავთ მხოლოდ უთანაბრობის ძირითად ელემენტებს, რომლებიც იწვევენ გღვ ტიპის გამაველობის დაკარგვას. გვაქვს გამაველობის დაკარგვის ორი ძირითადი სახე: მანქანის ჩაკიდება დაბრკოლებებზე არასაკმარისი კლირენსის გამო (ნახ. 14) და მანქანის ცხვირის მიბჯენა დაბრკოლებაზე არასაკმარისი შეტევის კუთხის გამო. ორივე შემთხვევა შეიძლება იყოს გამობურცული ან შეღუნული, პროფილების დროს შექმნილი ორი გადამკვეთი სიბრტყით.



ნახ. 14. მანქანის გამაველობის დაკარგვის ორი სახე, გამოწვეული ოთხი სახეობის დაბრკოლებებით: დაბრკოლებების პროფილები წარმოქმნილი ორი გადამკვეთადი სიბრტყით: ა – დაბრკოლებაზე მიბჯენით; ბ – დაბრკოლებაზე ჩაკიდებით

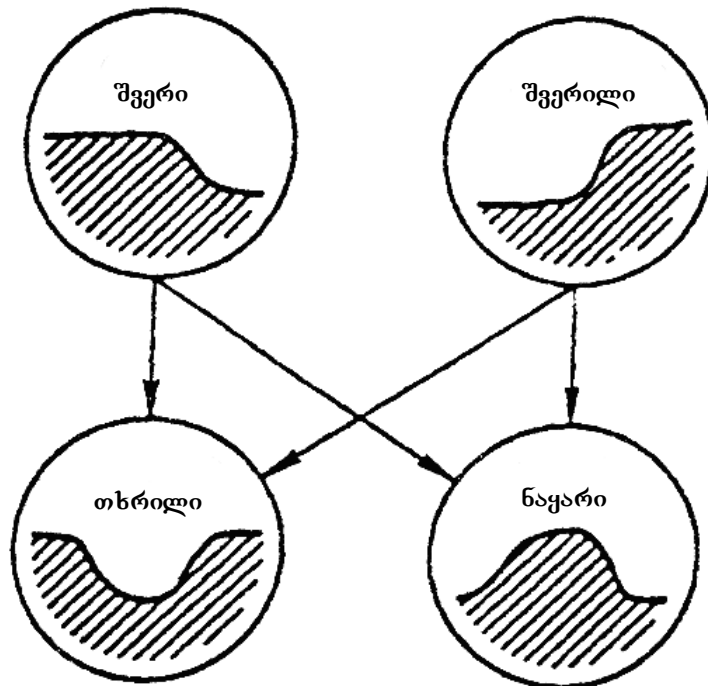
დაბრკოლებები აღწერილია მთლიანად, თუ მოყვანილია პროფილის ყველა ზომები, როგორც ეს ნახვენებია მე-15 ნახ-ზე.

სიდიდეები  $W$ ,  $h$  და  $\beta$  ჩვეულებრივად ლაგდებიან ძალიან ფართო, მაგრამ შეზღუდულ რიგში; პროფილის რთული ფორმა ნახვენები მე-15 ნახ-ზე, გვხვდება უკიდურესად იშვიათად, რაც ამარტივებს პრობლემას.



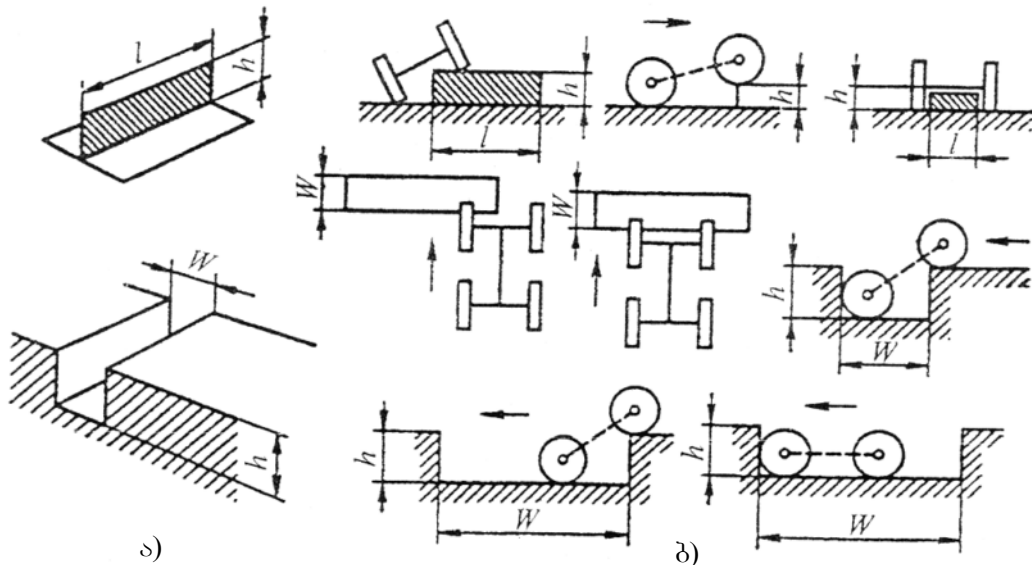
ნახ. 15. რთული დაბრკოლება, წარმოქმნილი ორი სიბრტყის გადაკვეთის სერიით

დაბრკოლებების ფორმების შემდგომი გამარტივება წარმოადგენს მე-16 ნახ-ზე და დაყვანილია ამობურცულ და ჩახუნეკილ კომბინაციასთან ანუ თხრილთან ან ნაყართან. ყველა დანარჩენი პროფილების უთანაბრობების ფორმები შეიძლება დაყვანილი იყოს ამუკანასკნელთან.

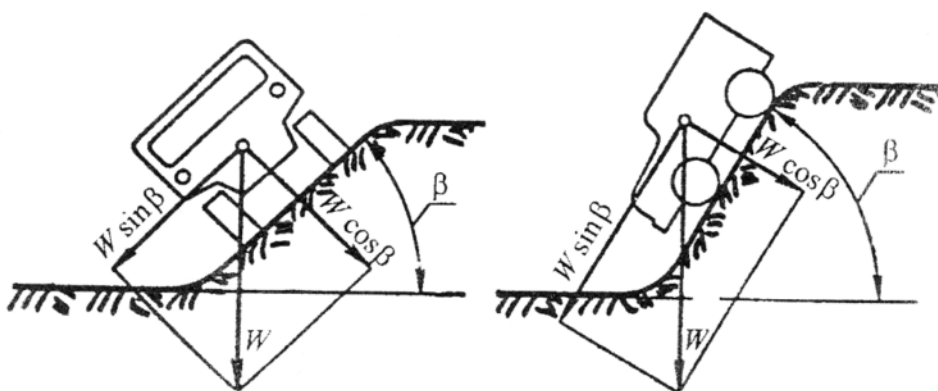


ნახ. 16. თანაფარდობა ძირითადი კონფიგურაციების ზედაპირულ უთანაბრობებს შორის

ამგვარი აპროქსიმაცია სასარგებლოა, კერძოდ, მანქანის გამა ე-  
 ლობის შეფასების დროს. უცნობ ტ ეესაკაფზე ხშირად გვხვდება, მს ო-  
 ლოდ ორი სახის დაბრკოლება ნახ. 17 , ა, ბ. ამ დაბრკოლებებად  
 შეიძლება იყოს მართკუთხა თხრილი და ხევი. ცხადია, რომ დაბრკო-  
 ლებაზე გამავლობა მანქანის ჩაკიდების გამო, დაკავშირებულია  
 აგრეთვე ფერდობებზე მანქანის განივ და გრძივ მდგრადობასთან (ნახ.  
 18, ა, ბ).



ნახ. 17. ერთი კრიტერიუმთაგანი უცნობ ტყესაკაფზე მანქანის  
 მოძრაობის შეფასებისათვის: ა – დაბრკოლების  
 ტიპი; ბ – მორთვევის ხერხები



ნახ. 18. ფერდობებზე მანქანის მდგრადობის სახეები:  
 ა – განივი; ბ – გრძივი

## დასკვნა ლიტერატურის მიმოხილვაზე

ლიტერატურის მიმოხილვაში განხილულია მთავორიან ტყესა და ხე-ტყის დამზადების პრობლემების მიმდინარეობის საკითხი, რომელიც პირველ რიგში დაკავშირებულია საქართველოს რელიეფის ბუნებრივ პირობებთან. მოცემულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების და მათ განსახორციელებლად საჭირო არსებული ძარა -ისრის სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმებით აღჭურვილი აგრეგატის სქემური და კონსტრუქციული გადაწყვეტილებები; განხილულია არსებული ტექნიკის ეკოლოგიურ მოთხოვნებთან შეუთავსებლობის და მთა-ის განივი მდგრადობის თეორიული კვლევების ჩატარების აუცილებლობის საკითხები.

ლიტერატურის მიმოხილვაში ჩატარებული ანალიზიდან გამომდინარე, მთიანი ტყე საკაფების ასათვისებლად, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, უპირატესობა ენიჭება მუხლუხა ტრაქტორებს და საბაგირო მორსათრევე დანადგარებს.

განხილულია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატისათვის ძარა-ისრის ახალი სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმის შექმნის აუცილებლობის საკითხი, რომლითაც განხორციელდება მორსათრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია მექანიზებული წესით.

დასმული პრობლემის გადასაჭრელად შემოთავაზებულია სტუ -ის სატყეო დეპარტამენტში შექმნილი მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, რომლითაც მორსათრევა განხორციელდება ძარაზე მოლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.



## 2. შედეგები და მათი განსჯა

### 2.1. მთაგორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის პრობლემები და მათი გადაჭრის გზების ძიება

ლიტერატურის მიმოხილვაში დასმული პრობლემების სირთულე პირველ რიგში განპირობებულია მეტყვევობის მკაცრი მოთხოვნებით, რომლებიც მოქმედებენ საქართველოს მთიან პირობებში შერჩევითი ჭრების განხორციელების დროს და განსაზღვრავენ, წარმოებაში ისეთი პერსპექტიული ტექნოლოგიების და ტექნიკის დანერგვის აუცილებლობას, რაც იქნება ახალი სიტყვა მთიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის დამზადების ეკოლოგიური ტექნოლოგიების მოთხოვნების პრობლემების გადაწყვეტაში. აღნიშნულთან დაკავშირებით, ცნობილია, რომ ტყე რესურსთა იმ კატეგორიას ეკუთვნის, რომელიც აღდგენას ექვემდებარება და სამეურნეო ღონისძიებათა შედეგების ეფექტურობას 100 წელზე მეტი დრო სჭირდება. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია, მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების და წესების გამოყენება, რისი გათვლაც მხოლოდ პროფესიონალ სპეციალისტებს შეუძლიათ. ამასთან, საქართველოს ტყეებში, როგორც მთიანი რელიეფის ეკოლოგიური დანიშნულების ტყეებში, ერთი ხის მოჭრაც კი უნდა განხორციელდეს მხოლოდ ხე-ტყის დამზადების სპეციალისტის ნებართვით.

მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, ხე-ტყის დამზადების პროცესის სირთულიდან გამომდინარე, ყველაზე შრომატევად ფაზად ითვლება მორთრევა, ე.ი. მოჭრილი ხე-ტყის ტრანსპორტირება ჯირკიდან ზედა საწყობამდე. გარდა აღნიშნულისა, მთის ტყესაკაფების (საქართველოში მთებზე განლაგებული ტყესაკაფები შეადგენს ტყით დაფარული მთელი ფართობის 97% -ს) აუთვისებლობა გარემოზე ახდენს უკიდურესად უარყოფით ზეგავლენას, რადგანაც დარჩენილი მოსაჭრელად ვარგისი ხეები ღპება, ვრცელდება მავნებლები, რასაც მოაქვს დიდი ეკოლოგიური ზიანი. ამას ემატება მთიანი ტყესაკაფების აუთვისებლობით გამოწვეული ხე-ტყის დიდი რაოდენობის დანაკარგები.

ცნობილია ისიც, რომ ტყის მოხმარების განუწყვეტელი ზრდა იწვევს გარემოს ბალანსის დარღვევას, რაც აუცილებელს ხდის ხე-ტყის დამზადების და ტრანსპორტირების საკითხის წინა პლანზე დაყენებას,

ტყიდან უწყვეტი, თანაბარი სარგებლობის პრინციპის განსახორციელებლად.

გარდა, ზემოთ აღნიშნული პრობლემებისა, მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის დამზადების ძირითად პრობლემას წარმოადგენს მორსათრევი ტექნიკის ეკოლოგიურ პირობებთან შეუთავსებლობა, რაც თავის მხრივ ქმნის სამანქანო აგრეგატების მოქმედების სფეროდან მნიშვნელოვანი საექსპლუატაციო ფართობების ამოვარდნის საშიშროებას.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, არსებობს მთავორიან ტყესაკაფებზე საწარმოო ფაქტორების, კერძოდ, ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური სქემების და მათ განსახორციელებლად საჭირო მანქანა-დანადგარების სისტემური კვლევის ცნობილი მეთოდიკები.

სამთო პირობებში დღეისათვის დამუშავებულია შიდატყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის რვა ტექნოლოგიური სქემა, რომლებშიც გამოყენებულია სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4, მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატები ( მთა) და განიგადასატანი მორსათრევი საბაგირო დანადგარები. ამასთან, სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4 შოლტების და მორების მორთრევას ახორციელებს, მხოლოდ ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში, ხოლო მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, აღჭურვილი ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმით, მორთრევას ახორციელებს ნახევრად დატვირთულ და მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

არსებობს მორსათრევი აგრეგატების სტატიკური და დინამიკური განივი და გრძივი მდგრადობის დასადგენად გამოყენებული თეორიული კვლევების აგების მეთოდები და მეთოდიკები.

დამუშავებულია მთა-ის ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდიკები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დადგინდეს აგრეგატის ტექნოლოგიური და ტექნიკური პარამეტრები.

დამუშავებულია, აგრეთვე ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების ეკონომიკური გაანგარიშების მეთოდიკა № 1 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით, სადაც მორთრევის პროცესის თითქმის ყველა ოპერაციას ასრულებს მთა.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე - ტყის მორთრევის პროცესის ტექნოლოგიური სქემების და მათ განსახორციელებლად საჭირო მანქანა -დანადგარების კვლევისათვის, დამუშავებული მეთოდები და მეთოდიკები მწირია და ნაკლებად მიესადაგება ჩვენს მიერ შექმნილი ტექნოლოგიური სქემის და მთა-ის კვლევის ამოცანებს. აღსანიშნავია ისიც, რომ მთა და განსაკუთრებით სპეციალიზებული მორსათრევი ტრაქტორი TT-4, თავისი შემსრულებელი მექანიზმებით და მოწყობილობებით, ვერ უზრუნველყოფენ ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციის შესრულებას მექანიზებული წესით, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია ხელით შრომის აუცილებლობასთან, აგრეთვე სამუშაო დროის გამოყენების კოეფიციენტის და მწარმოებლურობის შემცირებასთან.

შიდატყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემების ნაკლია ის, რომ დამუშავებული რვა სქემიდან, არცერთი არ ითვალისწინებს, მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმული ტყესაკაფების ათვისებას. აღნიშნული ტყესაკაფი მოითხოვს მანქანა-დანადგარების სახეობების და ტექნოლოგიური პროცესის ოპერაციების თანმიმდევრობის შერჩევის სრულიად განსხვავებულ მიდგომას.

აღსანიშნავია ისიც, რომ მორსათრევი აგრეგატების მოძრაობის განივი მდგრადობის დასადგენად, გამოყენებული თეორიული კვლევების აგების მეთოდები და მეთოდიკები, არ იძლევიან აგრეგატის მდგრადობის ყველა პარამეტრის განსაზღვრის საშუალებას.

გასათვალისწინებელია ისიც , რომ მთა-ის ექსპერიმენტული გამოკვლევების ცნობილი მეთოდიკები არ შეესაბამება რეალობას, რადგანაც სიღნაღის რაიონის დედოფლისწყაროს ვაშლოვანის ტყის ნაკრძალის ტყესაკაფში აღნიშნული მეთოდიკებით მიღებული ტექნოლოგიური და ტექნიკური პარამეტრები არ არის შესატყვისი ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეო ტყესაკაფში, იგივე მეთოდიკებით მიღებულ ანალოგიურ პარამეტრებთან – ტყესაკაფების სრულიად განსხვავებული რელიეფის, ნია დაგის და კლიმატის ბუნებრივი პირობების გამო.

რაც შეეხება, ტექნოლოგიური სქემების მიხედვით ჩატარებულ ეკონომიკური ანგარიშის მეთოდოლოგიას, ისინი ნაკლებად გამოსადეგია ნაშრომში დამუშავებული №9 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით ჩასატარებელი ეკონომიკური ანგარიშისათვის – სქემებს შორის განსხვავებული ბუნებრივი პირობებიდან გამომდინარე.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში, აღნიშნული ნაკვანძოების აღმოსაფხვრელად, შექმნილია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი აღჭურვილი სრულიად ახალი ძარა -ისრის სახსრულ -ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელსაც არსებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატისაგან განსხვავებით, შეუძლია ავტომატურ რეჟიმში მექანიზებული წესით, განახორციელოს ტყესაკაფზე ხე -ტყის მორსათრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია (დამორვის გარდა), მათ შორის შეკრულას ან მორის ძარაზე დაფიქსირება-დაბმა.

დამუშავებულია, შიდატყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის, ეკოლოგიურად უვნებელი ახალი ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმული ტყესაკაფების ათვისებას, იმ შემთხვევაშიაც, როცა თითოეულ ტყესაკაფზე ფერდობის დახრის კუთხე ცვალებადია. ამასთან, ტექნოლოგიური სქემა განსაზღვრავს საჭირო მანქანა -დანადგარების სახეობების და ტექნოლოგიური პროცესის ოპერაციების განხორციელების თანმიმდევრობას.

სადისერტაციო ნაშრომში დამუშავებულია, მოდერნიზებული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადო ბის თეორიული კვლევების აგების მეთოდები და მეთოდოლოგები, რომლებიც იძლევიან საშუალებას განვსაზღვროთ, მთა-ის მოძრაობის ზღვრული სიჩქარე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს;  $t$  დროის ხანგრძლიობა აგრეგატის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე; ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელობა.

დამუშავებულია, ახალი მეთოდოლოგია და ჩატარებულია მთა-ის ექსპერიმენტული კვლევები. განსაზღვრულია: ტრაქტორის ნიადაგთან ჩაჭიდების კოეფიციენტი; მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ქანობის დახრის კუთხის კრიტიკული მნიშვნელობები; მუხლუხას ნიადაგში ჩაღრმავების სიღრმე და შუბლა წინააღმდეგობის ძალები და

სხვა პარამეტრები ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ტყესაკაფების რელიეფის, ნიადაგის და კლიმატის ბუნებრივ პირობებში.

წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებულია აგრეთვე, ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ეკონომიკური ანგარიში ახალი № 9 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით. დადგენილია, ტყესაკაფიდან ზედა საწყობზე სატრაქტორო მორთრევიტ დამზადებული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მთაგორიან პირობებში ხე-ტყის დამზადების პროცესების მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზის საფუძველზე, საჭიროდაინერგოს ტექნიკური და ტექნოლოგიური გამოცდილებები და საკუთარი ძალებით დამუშავდეს სპეციალიზებული მანქანები და საიმედო შემსრულებელი მექანიზმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მთაგორიან ტყესაკაფებზე აღნიშნული მანქანების შეუფერხებელ მუშაობას.

## **2.2. მთაგორიან პირობებში ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ახალი ტექნოლოგია, ტექნოლოგიური სქემები და მანქანა-დანადგარები**

### **2.2.1. ტყესაკაფი სამუშაოების ახალი ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური სქემები**

საქართველოს რელიეფური პირობებიდან გამომდინარე, მთაგორიანი ტყესაკაფების ათვისება საკმაოდ შრომატევად ტექნოლოგიურ პროცესებთან არის დაკავშირებული, რაც განპირობებულია განსახორციელებელი ოპერაციების სირთულით [5-6].

მთაგორიანი ტყესაკაფის ასათვისებლად პირველ რიგში დგება ტექნოლოგიური რუკა, რომელიც ითვალისწინებს: ტყესაკაფის გეოგრაფიულ ადგილმდებარეობას, ფართობს, რელიეფს, ნიადაგის ფორმას; აგრეთვე ჭრის, მორთრევის და ტყესაკაფიდან ნარჩენების გამოტანის სახეებს; ტყესაკაფზე განლაგებულ ზედა საწყობის და დასატვირთი მოედნის ადგილს; ხე -ტყის მაგისტრალური საკაბდოების, საჰაერო მორსათრევი დანადგარის ტრასების უსაფრთხოების ზონების განლაგებას და უსაფრთხოების მოთხოვნებს.

ტყესაკაფები, რომლებზედაც მიმდინარეობს ხე -ტყის დამზადება და სხვა შიდატყესაკაფი სამუშაოები ტექნოლოგიური სქემების

მიხედვით კლასიფიცირდება სამი ძირითადი მაჩვენებლით: რელიეფით, ფერდობის დახრილობით და საავტომობილო მაგისტრალურ გზასთან მიბმით. აღნიშნული მაჩვენებლების მიხედვით საქართველოს მთაგორიანი ტყესაკაფები დაყოფილია ოთხ ძირითად ჯგუფად:

- პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ტყესაზიდ გზასთან მიბმული ტყესაკაფი 20°-მდე ფერდობის დახრილობით;
- მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ტყესაზიდი მაგისტრალური გზიდან მოცილებული და მათგან ციცაბო ფერდობით ან ხეობით გამოყოფილი ტყესაკაფი, რომლის დახრილობა 20°-მდეა;
- მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება ავტოსაზიდ მაგისტრალურ გზასთან მიბმული ტყესაკაფი 20°-ზე მეტი დახრილობით;
- მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება ერთმანეთზე მიბმული ორი ტყესაკაფი: პირველი ქვემოთ ავტოტყესაზიდ გზასთან 20 °-ზე მეტი დახრილობით და მეორე, მაღლა პლატოზე 15°-მდე დახრილობის.

სტუპის სატყეო -ტექნიკური დეპარტამენტის მეცნიერ -თანამშრომლების მიერ დამუშავებული და შექმნილია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი რვა ტექნოლოგიური სქემა, რომლებშიც უზრუნველყოფილია ჩვენს მიერ დასახელებული ოთხივე ჯგუფის ტყესაკაფების ასათვისებლად საჭირო ოპერაციების განხორციელება მექანიზებული წესით.

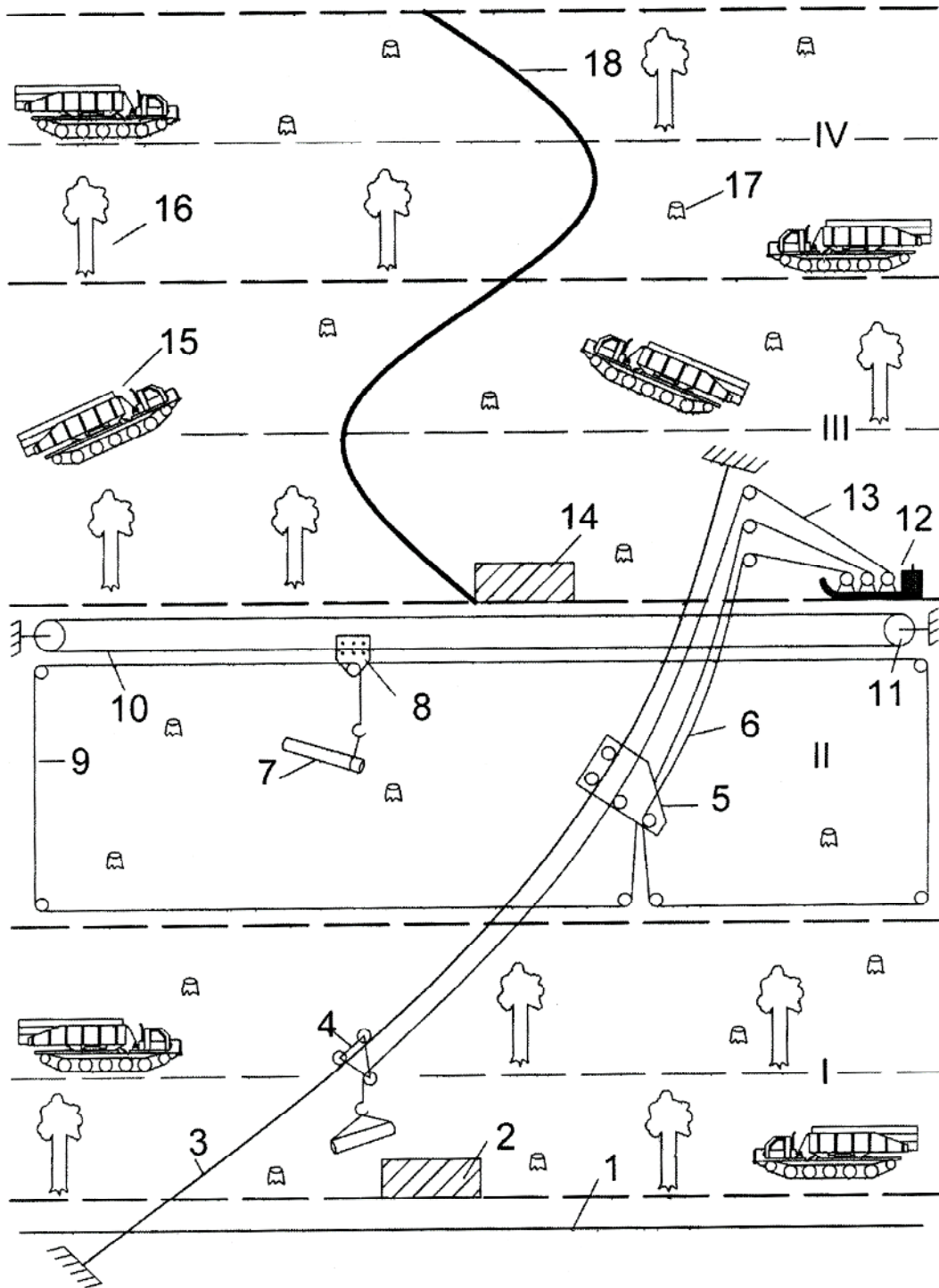
მიუხედავად აღნიშნულისა, საქართველოს მთაგორიან პირობებში არსებობს ოთხივე ჯგუფისაგან განსხვავებული ტყესაკაფები, რომლებისთვისაც საჭიროა ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი ახალი ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება.

განვიხილოთ მეოთხე ჯგუფის ორი ერთმანეთზე მიბმული ტყესაკაფი, რომლის მთლიანი სიღრმე შეადგენს 2000 მ -ს, საპიკრო საბაგირო მორსათრევი დანადგარი კვეთს პირველს, ე.ი. ქვედა ტყესაკაფს მთელ 1000 მ სიგრძეზე, ხოლო მეორე ტყესაკაფს, რომლის სიღრმე ასევე 1000 მ-ია მთელ სიგრძეზე შუაზე ყოფს მაგისტრალური საკაბდო. ამასთან, პირველი და მეორე ტყესაკაფები ფერდობის დახრის კუთხის მონაცემებით არ აკმაყოფილებენ მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფების მაჩვენებლებს, რადგანაც პლატოზე განლაგებული მეორე ტყესაკაფის

ზედა ნახევარი რეალურად 15 °-ზე მეტი დახრილობისაა, ხოლო პირველი ტყესაკაფის ძედა ნახევარი 20 °-ზე მეტი დახრილობისაა იმდენად, რომ საბაგირო მორსათრევი დანადგარის ტრასამდე მუხლუხა ტრაქტორებით მორთრევის განხორციელება განივი მიმართულებითაც კი შეუძლებელია. მაშასადამე, ჩვენს მიერ განხილული მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფი, რომელიც შედგება ერთმანეთზე მიბმული ორი ტყესაკაფისაგან, ფერდობის დახრის კუთხის მიხედვით, მოიცავს ოთხი კატეგორიის ტყესაკაფს: 20 °-ზე მეტი დახრილობის გზასთან მიბმულ ტყესაკაფს, რომლის ზედა მეორე ნახევრის ფერდობის დახრის კუთხე იცვლება 35°-ის ფარგლებში და საჭიროება განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარით ათვისებას, მეორე ქვედა ნახევარი შეიძლება ათვისებული იყოს მუხლუხა მორსათრევი ტრაქტორებით, საჭაერო მორსათრევი დანადგარის ტრასამდე ფერდობის განივი მიმართულებით მორების მორთრევით და საბაგირო დანადგარით ზედა საწყობზე ჩამოშვებით. პლატოზე განლაგებული ტყესაკაფის ათვისება ხორციელდება მუხლუხა მორსათრევი ტრაქტორების გამოყენებით, გვაქვს ორი კატეგორიის ტყესაკაფი: პირველი ქვედა 15 °-ზე ნაკლები დახრილობისაა და მისი ათვისება მთელ ფართობზე შესაძლებელია განხორციელდეს მუხლუხა მორსათრევი ტრაქტორებით საჭაერო მორსათრევი დანადგარის ზედა ბაქნამდე მორების ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევით. პლატოზე განლაგებული ტყესაკაფის ზედა მეორე ნახევარი 15 °-ზე მეტი დახრილობისაა; მისი ათვისება ხორციელდება მუხლუხა მორსათრევი ტრაქტორებით მხოლოდ განივი მიმართულებით მაგისტრალურ საკაბდომდე და აქედან, საჭაერო მორსათრევი დანადგარის ზედა ბაქნამდე მორების ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევით, საიდანაც საბაგირო მორსათრევი დანადგარით ხდება მათი ჩამოშვება ზედა საწყობზე მთლიანად დაკიდებულ მდგომარეობაში.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, აღნიშნული მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფისათვის დამუშავებულია შიდატყესაკაფი სამუშაო პროცესების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგი ურად უვნებელი ტექნოლოგიური სქემა № 9.

ნახ. 19 -ზე მოცემულია ტექსაკაფი სამუშაო პროცესების № 9 ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც მოიცავს: 1 - ავტოტექსაზიდ გზას; 2 - ზედა საწვობს; 3 - ძირითად მზიდ ბაგირს; 4 - სატვირთო ურიკას; 5 - მსდექს; 6 - დამხმარე საწვევ ბაგირს; 7 - მორს; 8 - საწვევ-მზიდი ბაგირის შემაერთებელ კვანძს; 9 - უკუსვლის ბაგირს; 10 - განივგადა-



ნახ. 19. ტექნოლოგიური სქემა № 9



სატან საწვევ-მზიდ ბაგირს; 11 – ბლოკს; 12 – ჯალამბარს; 13 – საწვევ ბაგირს; 14 – ზედა ბაქანს; 15 – მთა-ს; 16 – ზეზემდგომ ხეს; 17 – კუნძს; 18 – მაგისტრალურ საკაბდოს; I, II, III, IV – პირობით ტყესაკაფ ზონებს.

პირველი ტყესაკაფი თავის მხრივ მოიცავს:

I ზონას – 20°-ზე მეტი დახრილობის ტყესაკაფით;

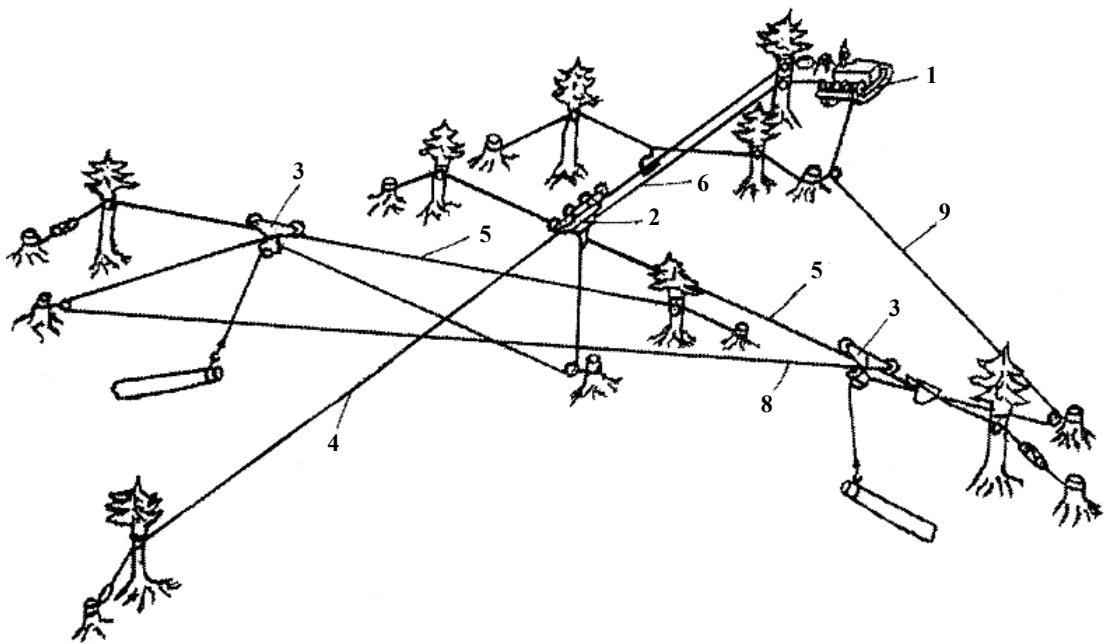
II ზონას – 35°-მდე დახრილობის ტყესაკაფით.

მეორე ტყესაკაფი მოიცავს:

III ზონას – 15°-ზე ნაკლები დახრილობის ტყესაკაფით;

IV ზონას – 15°-20°-მდე დახრილობის ტყესაკაფით.

მეოთხე ჯგუფის მაგისტრალურ საავტომობილო გზასთან განლაგებული 20°-ზე მეტი დახრილობის ტყე საკაფის I და II ზონების ათვისება იგივე წარმატებით შეიძლება განხორციელდეს № 7 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით (ნახ. 20).



ნახ. 20. ტექნოლოგიური სქემა № 7.

ტექნოლოგიური სქემა № 7 გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა ტყესაკაფის ფერდობის დახრილობა 20°-დან იცვლება 35 °-მდე და ითვალისწინებს, ხე -ტყის მორთრევას ორმხრივი განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგ არით. აღნიშნული სქემა მოიცავს: 1 – ჯალამბარს; 2 – ურიკას; 3 – დამატებითი ურიკას; 4 – მზიდ ბაგირს; 5 – დამატებით განივ მზიდ ბაგირს; 6 – საწვევ ბაგირს; 7 – შოლტს; 8 – დამატებით ბაგირს; 9 – უკუსვლის ბაგირს.

ტყესაკაფის სიღრმეა 1000 მ საბაგირო დანადგარის ტრასა კ ვეთს მას მთელ სიღრმეზე. ჩამოშვებული ხე -ტყე გამოდის ავტოტყესაზიდ გზასთან განლაგებულ ზედა საწყოზე.

ნაშრომში დამუშავებულია, ახალი № 9 ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც იძლევა მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმული, ოთხი სხვადასხვა დახრილობის ზონებისაგან შემდგარი ურთულეს ო ტყესაკაფების ათვისების საშუალებას.

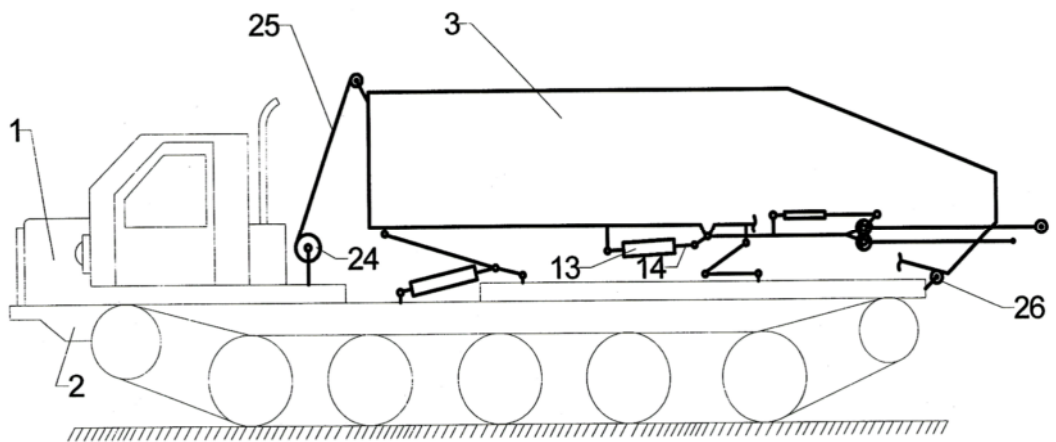
## 2.2.2. ტყესაკაფი სამუშაოების ახალი მანქანა-დანადგარები

მთავორიან პირობებში ხე -ტყის დამზადების მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის ინტენსიფიკაციისათვის აუცილებელია, დამუშავდეს და შეიქმნას ისეთი მანქანა -დანადგარები, რომლებიც ტყესაკაფ სამუშაოებზე გამორიცხავენ ხელით შრომას. ამასთან, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ტრაქტორებით მორთრევისას შოლტებისა და სორტიმენტების ზემოქმედებით დიდი ზიანი ადგება ტყეებს – ზიანდება ნიადაგი, ნადგურდება აღმონაცენი და მოზარდი. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა, არსებული ტექნიკის მოდერნიზაცია და ისეთი ტექნოლოგიის და ტექნიკის შემუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს ტყის გარემოს უვნებლობას. გარდა აღნიშნულისა, ტყესაკაფი სამუშაოებისათვის, მთავორიან პირობებში აუცილებლობას წააჩივებს შეიქმნას ხე -ტყის დამამზადებელი მრავალპერაციული თანამედროვე მანქანა-დანადგარები, რომლებიც მექანიზებული წესით, უზრუნველყოფენ ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციის შესრულებას [7-10].

ნაშრომში შექმნილია ავტომატიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი პატენტი P 6403 აღჭურვილი ძარა -ისრის სახსრულ -ბერკეტული და სახსრულ -ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმებით, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ავტომატურ რეჟიმში, აგრეგატის ოპერატორის კაბინიდან შევძლოთ შეკრულს საიმედო დაფიქსირება სატვირთო ძარაზე. აღნიშნული შედეგი მიიღწევა იმით, რომ ტრაქტორის შასიზე, სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმის გამოყენებით დამაგრებულ ძარაზე, სახსრულად არის დამონტაჟებული ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი, რომელიც შედგება ძარაზე

სახსრულად დასმული ქვედა II-სებრი და მასზე სახსრულად მიერთებულ ზედა II-სებრი ჩარჩოებისაგან, რომლებიც თავის მხრივ ამძრავი ჰიდროცილინდრებით და ცილინდრული კბილანური გადაცემით დაკავშირებულია ერთმანეთთან და ქვედა II-სებრ ჩარჩოსთან. ამასთან, ქვედა II-სებრი და ზედა II-სებრი ჩარჩოები ერთმანეთთან დამაკავშირებელ ჰიდროცილინდრებთან ერთად, ერთ სიბრტყეში განლაგებულ მდგომარეობაში ქმნიან ისარს ერთი მთლიანი ჩარჩოს სახით.

აგრეგატი შეიცავს: (ნახ. 21-24) მუხლუხა ტრაქტორს 1, შასით 2, ძარას სახსრულ -ბერკეტულ მექანიზმს; ძარით 3, ბარბაცით 4, მხრეულებით 5, 6 და ჰიდროცილინდრს 7 ჭოკით 8; ისრის სახსრულ - კბილანურ მექანიზმს; ისრის ქვედა II-სებრ ჩარჩოს 9 შეფერებით 10, 11, 12, ჰიდროცილინდრს 13 ჭოკით 14, ისრის ზედა II-სებრ ჩარჩოს 15 კბილანებით 16, მეორე ზედა II-სებრ ჩარჩოს 17 კბილანებით 18 და შეფერებით 19, ჰიდროცილინდრებს 20 ჭოკებით 21, ძარისა და ისრის ბლოკებს 22, 23, ტრაქტორის ჯალამბარს 24 საწვევით 25, შასიზე დამაგრებულ გორგოლაჭს 26, შეკრულას 27.



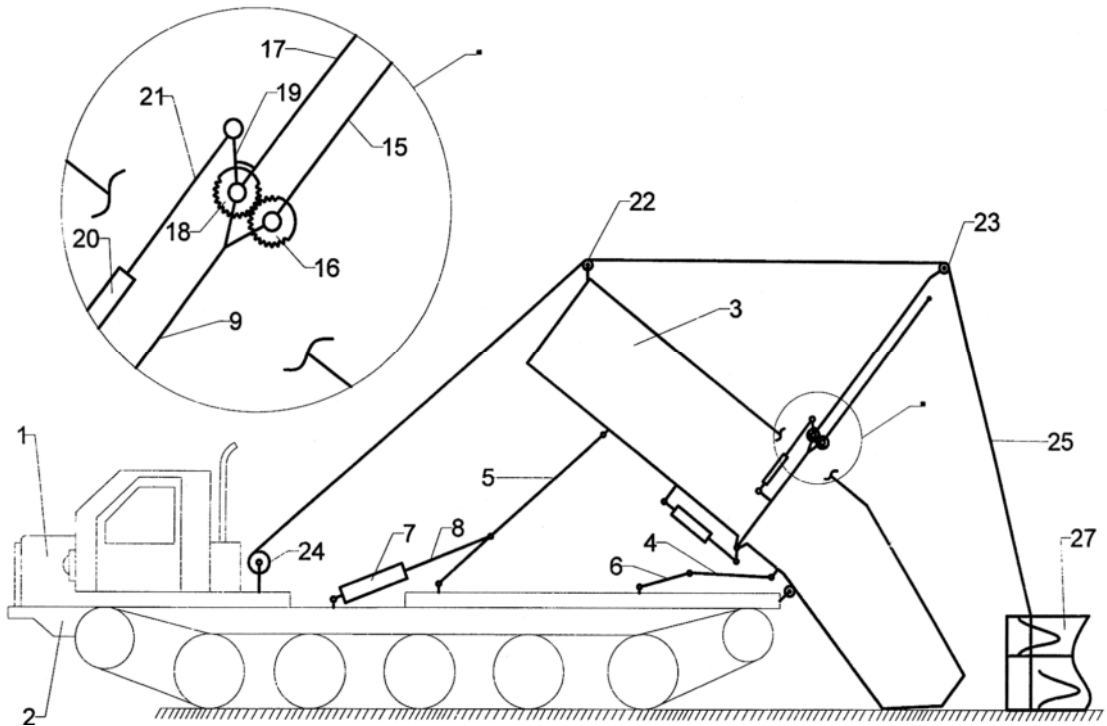
**ნახ. 21. მთა-ის გვერდხედი ძარის და ისრის მექანიზმების დაკეცილ სატრანსპორტო მდგომარეობაში**

ავტომატიზებული მორსათრევი ი თვითმტვირთავი აგრეგატი მ შ- შაობს შემდგენაირად: აგრეგატი ტყესაკაფზე მიდის სატრანსპორტო მდგომარეობაში (ნახ. 21). პირველი ოპერაცია, რომელსაც იგი ასრულებს, არის წაქცეული ხეების მორთრევა, ამისთვის პირველ რიგში ისარი ისრის სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმისა და ამძრავი ჰიდროცილინდრის 13, 14 საშუალებით გადადის ვერტიკალურ მდგომარეობაში, ამის შემდეგ,

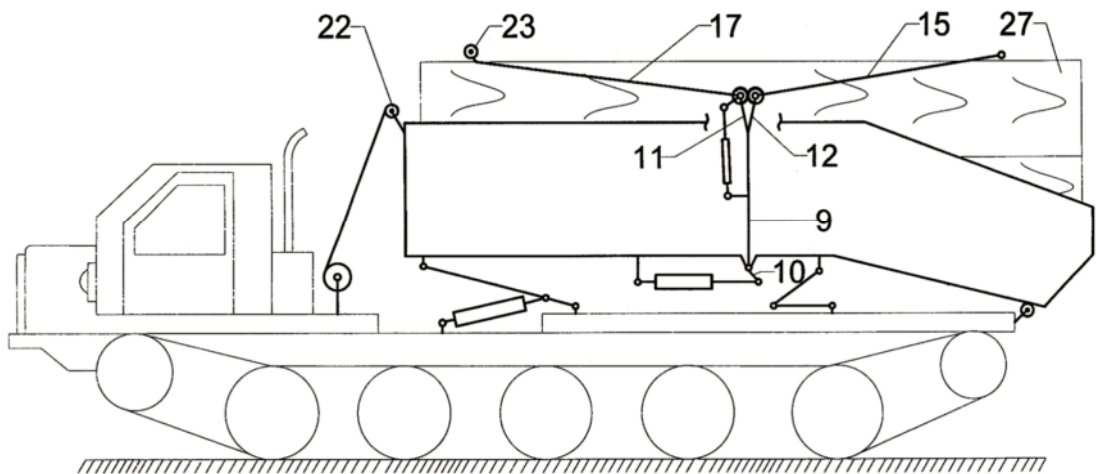
ძარა 3 ძარის სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმის და ამძრავი ჰიდროცილინდრის 7, 8 საშუალებით გადადის მიწაზე დაშვებულ მდგომარეობაში (ნახ. 22), ამავე დროს, ტრაქტორის ჯალამბრის 24 საწვევ ბაგირს 25, რომელიც გატარებულია ძარისა და ისრის ბლოკებში 22, 23 ხელით გაიტანენ ტყესაკაფზე და ჯალამბრის 24 საშუალებით ხდება მოჭრილი ხეების და მორების მოთრევა აგრეგატამდე. საჭირო რაოდენობის ხე-ტყის მოთრევისა და შეკრულას ფორმირების შემდეგ საწვევ ბაგირს 25 ჩააბამენ შეკრულას 27 და ჯალამბრის 24 საშუალებით ააცურებენ ძარაზე 3. ძარა 3 შეკრულასთან 27 ერთად გადადის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ხოლო ისარი რჩება ვერტიკალურ მდგომარეობაში. ამის შემდეგ, შეკრულას ძარაზე საიმედოდ დასაფიქსირებლად მოქმედებაში მოდიან ისრის ჰიდროცილინდრები 20, რომელთა ჭოკები 21 სახსრულად არიან მიერთებულნი ისრის ზედა II-სებრი ჩარჩოს 17 შვერებთან 19 და ბრუნვით მოძრაობაში მოჰყავთ ისრის ზედა II-სებრი ჩარჩო 17 მასზე ხისტად დასმული კბილანებით 18, რომლებიც თავის მხრივ მოდებიაში არიან ისრის მეორე ზედა II-სებრი ჩარჩოზე 15 ხისტად დამაგრებულ კბილანებთან 16. ერთდროულად იწყება ორივე ზედა II-სებრი ჩარჩოს 15, 17 ბრუნვა ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით შეკრულასთან შეხებამდე, რითაც ხდება შეკრულას საიმედოდ დაფიქსირება ძარაზე 3 (ნახ. 23).

აგრეგატი დატვირთულ მდგომარეობაში მიემართება ზედა საწყობისკენ, სადაც ისრის ზედა II-სებრი ჩარჩოები 15, 17 გადადიან ვერტიკალურ მდგომარეობაში, ძარისა და ისრის სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმის საშუალებით ხდება შეკრულას ძარიდან გადმოტვირთვა. გადმოტვირთვის შემდეგ ისარი გადადის დაკეცილ -ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (ნახ. 21), ცარიელი აგრეგატი სატრანსპორტო მდგომარეობაში ბრუნდება ტყესაკაფზე და ციკლი მეორდება.

აგრეგატის ავტომატიზებული ძარა-ისრის მექანიზმი სტრუქტურულად შედგება ძარის სახსრულ -ბერკეტული და ისრის სახსრულ -ბერკეტული და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმებისაგან. იმის მიხედვით, თუ ხე-ტყის დამზადება – ტრანსპორტირების ტექნოლოგიური პროცესის რომელი ოპერაცია სრულდება. შესაძლებელია ავტომატიზირებულ რეჟიმში მოქმედებაში მოვიყვანოთ, როგორც ძარა-ისრის სახსრულ-



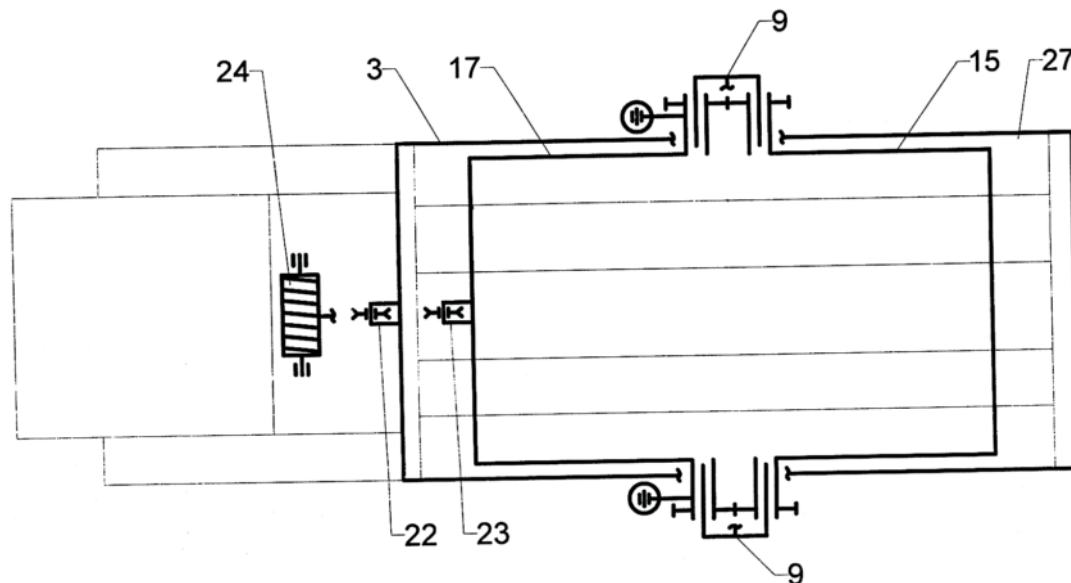
ნახ. 22. მთა-ის გვერდხედი ძარის და ისრის მექანიზმების მორსათრევ-დასატვირთ მდგომარეობაში



ნახ. 23. მთა-ის გვერდხედი ისრის მექანიზმით ძარაზე შეკრულას დაფიქსირებულ მდგომარეობაში

ბერკეტულ ან სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი ერთდროულად, ასევე ძარის სახსრულ-ბერკეტული ან ისრის სახსრულ-ბერკეტული და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმები ცალ-ცალკე. 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 (ნახ. 21-24).



ნახ. 24. მთა-ის ზედხედი ისრის მექანიზმით ძარაზე შეკრულას დაფიქსირებულ მდგომარეობაში

საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია მოქმედებაში მოვიყვანოთ ძარის 6 რგოლა – 7, 8, 5, 3, 6, 4 სახსრულ –ბერკეტული, ისრის 3 რგოლა – 9, 13, 14 ქვედა სახსრულ –ბერკეტული და ისრის ზედა 4 რგოლა – 20, 18, 15, 17 სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმებისაგან შემდგარი 13 რგოლა ძარა-ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი, რომლის თავისუფლების ხარისხი ტოლია:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 13 - 2 \cdot 17 - 2 = 3,$$

სადაც  $n$  – მოძრავი რგოლების რიცხვი;

$P_5$  – V კლასის დაბალი კინემატიკური წყვილების რიცხვი;

$P_4$  – IV კლასის უმაღლესი კინემატიკური წყვილების რიცხვი.

შეიძლება მოქმედებაში იყოს ძარის 6 რგოლა და ისრის 3 რგოლა სახსრულ -ბერკეტული მექანიზმებისაგან შემდგარი ძარა -ისრის 9 რგოლა – 7, 8, 5, 3, 6, 4, 9, 13, 14 სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმი:

$$W = 3 \cdot 9 - 2 \cdot 12 - 1 = 2.$$

ასევე შეიძლება მოვიყვანოთ ძარის 6 რგოლა და ისრის 4 რგოლა მექანიზმებისაგან შემდგარი 10 რგოლა – 7, 8, 5, 3, 6, 4 ძარა -ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი:

$$W = 3 \cdot 10 - 2 \cdot 13 - 2 = 2.$$

შეიძლება მოქმედებდეს მხოლოდ ისრის ქვედა 3 რგოლა სახსრულ - ბერკეტული და ისრის ზედა სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმებისაგან შემდგარი ისრის 7 რგოლა - 9, 13, 14, 20, 18, 15, 17 სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი

$$W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 9 - 1 = 2.$$

ტყესაკაფზე ხე-ტყის დამზადების და ტრანსპორტირების ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელების დროს საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება მოქმედებდეს მხოლოდ ძარის 6 რგოლა - 7, 8, 5, 3, 4, 6 სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმი:

$$W = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 1 = 1,$$

ისრის ქვედა 3 რგოლა - 9, 13, 14 სახსრულ-ბერკეტული მექანიზმი:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

და ისრის ქვედა 4 რგოლა - 20, 18, 15, 17 სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმი:

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 - 1 = 1.$$

ნაშრომში დამუშავებულია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ძარა - ისრის სახსრულ - ბერკეტული და სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმების სრულიად ახალი სქემები და კონსტრუქციული გადაწყვეტილებები. აღნიშნული მექანიზმების საშუალებით შესაძლებელი ხდება, ავტომატურ რეჟიმში განვახორციელოთ ხე-ტყის დამზადების და ტრანსპორტირების ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია (მ ოჭრის და დამ ორვის გარდა) შეკრულას აგრეგატის ძარაზე საიმედო დაბმა - დაფიქსირებასთან ერთად, რაც უმნიშვნელოვანესია მთავორიან ტყესაკაფებზე ექსტრემალურ პირობებში მუშაობის დროს. ამასთან, ჩატარებულია, როგორც ძარა-ისრის, ასევე ძარისა და ისრის მექანიზმების სტრუქტურული კვლევა და დადგენილია, მათი თავისუფლების ხარისხი.

ახლად შექმნილი მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის არეალი არის 20°-მდე დახრილობის ფერდობებზე განლაგებული ტყესაკაფები, სადაც აგრეგატს შეუძლია მორთრევა აწარმოოს ყველა მიმართულებით. 20°-ზე მეტი დახრილობის ფერდობზე განლაგებულ ტყესაკაფებზე დაახლოებით 25°-28°-მდე მთა-ს შეუძლია მორთრევა განახორციელოს მხოლოდ განივი მიმართულებით. ამის შემდეგ, 35°-40°-მდე და-

ხრილობის ფერდობებზე განლაგებული ტყესაკაფების ათვისება, სატრაქტორო მორთრევით, შეუძლებელია ავარიული სიტუაციის შექმნის გამო. აქ უკვე აუცილებელია 35°-40°-მდე ტყესაკაფების ათვისება ვაწარმოთ მხოლოდ და მხოლოდ საჭაერო მორსათრევი დანადგარების გამოყენებით, მათ შორის განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარებით. თუმცა საქართველოში მათი მაღალ დონეზე გავრცელება ვერ მოხერხდა - მთიან ადგილებში მოსაჭრელი ხეების გაფანტულობის და სათანადო ტექნიკური აღჭურვილობის უქონლობის გამო. ამასთან, ტყის ექსპლუატაცია მთაგორიან პირობებში გვიჩვენებს, რაც შეიძლება მარტივი და მსუბუქი კონსტრუქციის საბაგირო დანადგარების გამოყენების აუცილებლობას. იმის გათვალისწინებით, რომ მათი დამზადება და შემდგომი გამოყენება მაქსიმალურად იყოს ადვილი.

იმასთან დაკავშირებით, რომ საბაგირო კიდული დანადგარებიდან ვერც ერთი ცალკე ვერ აკმაყოფილებს მორთრევის მთელ კომპლექსს, ე.ი. ტრასაზე გვერდებიდან მორთრევას, მთიდან დაშვებას, მოძრავ შემადგენლობასთან მიტანას და დატვირთვას, საჭირო გახდა ახალი განივ-გადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარების დამუშავება და შექმნა.

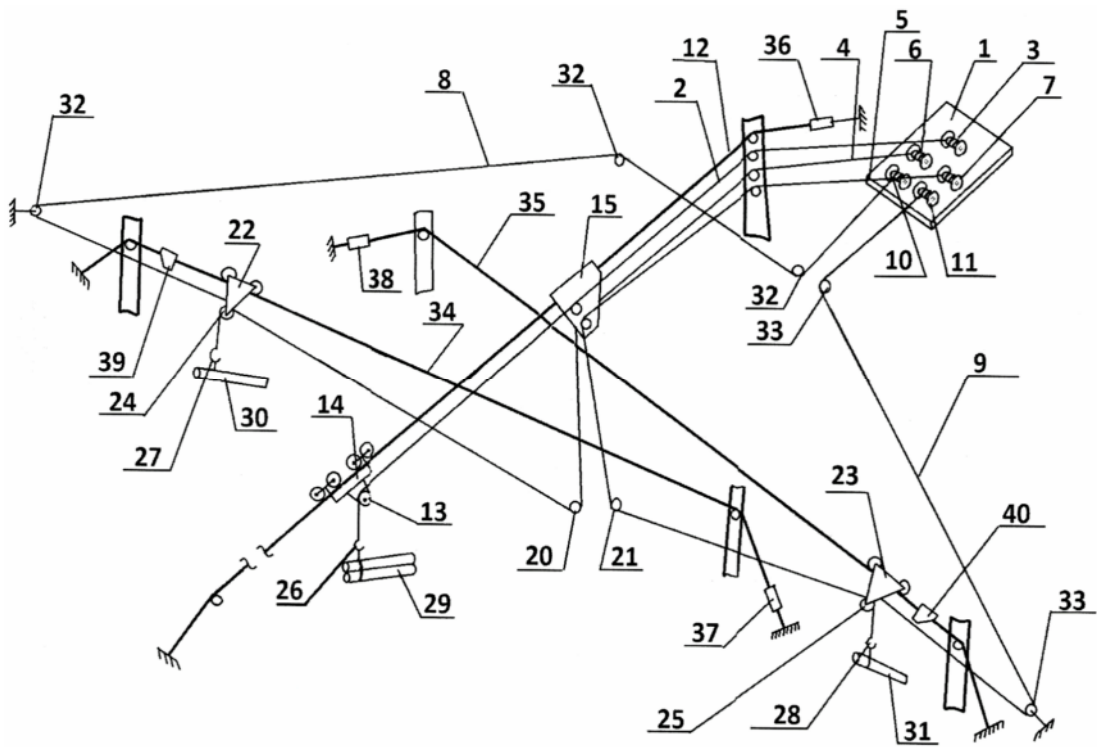
აღნიშნული უარყოფითი მხარეების გათვალისწინებით, სტშ-ის სატყეო-ტექნიკურ დეპარტამენტში დამუშავებული და შექმნილია ახალი განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი, რომლის ტექნიკური შედეგი მიიღწევა ბაგირო-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარით, რომელიც შეიცავს მთავარ მზიდ ბაგირს, მასზე მოძრავი ძირითადი სატვირთო ურიკით, ორმხრივ განივად გადასატან მზიდ ბაგირებს – მათზე მოძრავი დამხმარე ურიკე ბით და ჯალამბარს – სამი საწევი და ორი უკუსვლის ბაგირით. ამასთან, საწევი ბაგირები დამხმარე ურიკებისათვის გატარებულია ორ განმხოლოებულ ერთდარიან ბლოკისაგან შემდგარ მსდექის სატვირთო ბლოკში, ხოლო უკუსვლის ბაგირები ბლოკების საშუალებით ცალ-ცალკე დაკავშირებულია საბაგირო ტრასის სხვადასხვა მხარეს მზიდ ბაგირებზე დაკიდებულ ბაგირებზე დაკიდებულ დამხმარე ურიკებთან.



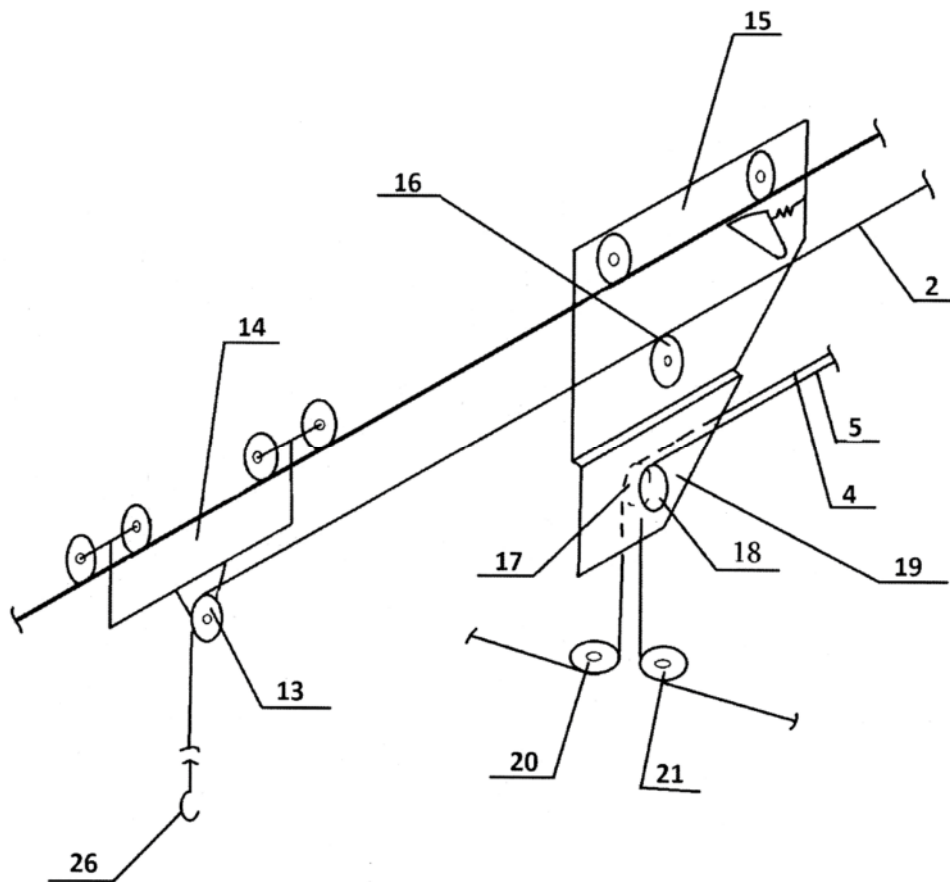
მსდექზე დამაგრებული ძირითადი საწვეი ბაგირის ბლოკი და მონტაჟებულია ზედა, ხოლო დამხმარე საწვეი ბაგირების ბლოკი ქვედა პოზიციაში.

ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარი შეიცავს (ნახ. 25, 26) ხუთდოლიან ჯალამბარს 1, რომლის ძირითადი საწვეი ბაგირის 2 დოლი 3, დამხმარე საწვეი ბაგირების 4 და 5 დოლები 6 და 7 და უკუსვლის ბაგირების 8 და 9 დოლები 10 და 11 შესრულებულია ცალ-ცალკე, თითოეული ინდივიდუალური ამძრავით, ზეზემდგომ ხეებზე ან სპეციალურ ანძებზე დამაგრებულ ძირითად მზიდ ბაგირს 12, მასზე მოძრავი ერთდარიანი სატვირთო ბლოკით 13 აღჭურვილი ურიკით 14, მსდექს 15, რომლის ერთდარიან ბლოკში 16 გატარებულია ძირითადი საწვეი ბაგირი 2, ხოლო ორდარიან, ორი ცალ-ცალკე დამზადებული გამხოლოებული ბლოკისაგან 17, 18 შემდგარ სატვირთო ბლოკში 19 გატარებულია დამხმარე საწვეი ბაგირები 4 და 5, რომლებიც შემდეგ გატარებულნი არიან მიწის ზედაპირთან ახლოს დამაგრებულ თვითხსნად ბლოკებში 20, 21 და ძირითადი ტრასის ორივე მხარეს განლაგებულ დამხმარე ურიკების 22 და 23 თვითხსნად ბლოკებში 24, 25. ბაგირები 2, 4 და 5 ბოლოვდება კაკეებით 26, 27, 28, რომელზეც დაკიდებულია სორტიმენტები 29, 30, 31. ჯალამბრის 1 უკუსვლის დოლებიდან 10 და 11 გამომავალი უკუსვლის ბაგირების 8 და 9 საჭირო რაოდენობის დამატებითი ბლოკების 32, 33 საშუალებით ცალ-ცალკე უკავშირდებიან შესაბამისად თავ-თავიანთ დამხმარე ურიკებს 22, 23. დამხმარე ურიკები 22, 33 დაკიდებულნი არიან მთავარი მზიდი ბაგირის 12 ქვეშ გამავალ განივად გადასატან მზიდ ბაგირებზე 34, 35. მთავარი მზიდ ბაგირს 12 და განივად გადასატან მზიდ ბაგირებს 34, 35 აქვთ დასაჭიმი პოლისპასტები 36, 37, 38 და გადასატანი მსდექები 39 და 40.

ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარი მუშაობს შემდეგნაირად: საბაგირო დანადგარებისათვის გაკაფული ტრასის ზედა და ქვედა ბაქნებზე შერჩეულ ხეებზე მთავარი მზიდი ბაგირის 12 დოლი 3-ის შემდეგ, საბაგირო დანადგარის მზიდი ბაგირის ქვეშ ზეზემდგომ ხეებზე, ტრასის ორივე მხარეს – მარჯვნივ და მარცხნივ, გაიჭიმება განივი გადასატანი მზიდი ბაგირები 34, 35, რის შემდეგაც მათზე ჩამოკიდებენ დამხმარე ურიკებს 22, 23.



ნახ. 25. განივგადასატანი ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარის სქემა



ნახ. 26. განივგადასატანი ბაგირ-ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარის მსდექი (საჩერი)

ამ დროს დამხმარე ურიკები 22, 23 იმყოფება საბაგირო დანჯდრის ტრასასთან. ამის შემდეგ, მეჯალამბრე ჩართავს ჯალამბრის 1 უკუ ს- ვლის დოლებს 10 და 11. იწყება უკუსვლის ბაგირების 8, 9 დახვევა დოლებზე 10, 11, რის შედეგადაც ხდება დამატებითი დამხმარე ურიკ ე- ბის 22 და 23 გაყვანა ძირითადი საბაგირო ტრასიდან ტყესაკაფის ორივე მხარეს ერთდროულად. ამ დროს დამხმარე ურიკებთან 22, 23 დაკავშირებული საწვეი ბაგირ ები 4 და 5, რომლებიც გატარებულნი არიან მსდექზე 15 დამონტაჟებულ ორი განმხოლოებული ბლოკისაგან შემდგარ სატვირთო ბლოკში 19, ასევე მიწის ზედაპირთან მდებარე თვითხსნად ბლოკებში 20, 21 გადმოიხვევა სატვირთო დოლებიდან 6 და 7.

იმისდა მიხედვით, თუ საბაგირო ტრასის რომელ მხარეს, რა მან- ძილზე არის ურიკა გასაჩერებელი ტყესაკაფში, მეჯალამბრე შესაბამ ი- სი სიგნალის შემდეგ თიშავს უკუსვლის ერთ -ერთ დოლს 10 ან 11. ასევე ხდება მეორე ურიკის ტყესაკაფის ტრასიდან მეორე მხარეს და- ფიქსირება. ამის შემდეგ, დამხმარე ურიკები 22, 23 გადასატანი მს დექე- ბით 39 და 40 ფიქსირდება განივ გადასატან მზიდ ბაგორებზე 34, 35. მეჯალამბრე ორივე დამხმარე საწვე ბაგირს 4, 5 თავისი კაკვიანი ბო- ლოებით 27 და 28 დაუშვებს დაბლა. ჩამბმელები ჩოკერების საშუალე- ბით ჩააბამენ სორტიმენტებს 30, 31 კაკვებზე 27, 28, მეჯალამბრე ასწევს ორივე საწვე ბაგირს 4, 5 და კაკვიანი ბოლოები 27, 28 დაფიქსირდება დამხმარე ურიკების 22, 23 კაკვების საკიდებში. ჩამბმელები ხსნიან დამხმარე ურიკების მსდექების 39, 40 ჩამკეტ მექანიზმებს. დამხმარე ურიკები თავისუფლდებიან და მზად არიან მთავარი ტრასისაკენ ტრანსპორტირებისათვის.

მეჯალამბრეს თავისუფალ სვლაზე გადაჰყავს ჯალამბრის უკუ ს- ვლის დოლები 10, 11, რის შემდეგაც რთავს საწვეი ბაგირების დოლებს 6, 7 იწყება საწვეი ბაგირების 4, 5 დახვევა დოლებზე 6 და 7, დამხმარე ურიკები 22, 23 გადაადგილდება ძირითადი საბაგირო ტრასისკენ, რ ო- დესაც ორივე დამხმარე ურიკა აღმოჩნდება ძირითადი საბაგირო და- ნადგარის ტრასის ქვეშ, მეჯალამბრე აჩერებს მათ და კაკვების 27, 28 საკიდებიდან ადვილად განთავისუფლების მიზნით, ორივე ტვირთს 30, 31 ასწევს ოდნავ მაღლა, განთავისუფლების შემდეგ

კი კაკეებს 27, 28 დაუშვებს დაბლა სორტიმენტებთან 30, 31 ერთად.

ამის შემდეგ, მუშები გაათავისუფლებენ სორტიმენტებს 30, 31 კაკეებისაგან 27, 28 და ჩააბამენ მათ ძირითადი საწვევი ბაგირის 2 სა ტვირთო კაკვზე 26. ძირითადი სატვირთო დოლით 3 იწყება ძირითადი სატვირთო ბაგირის 2 დახვევა მანამ, სანამ სატვირთო კაკვი 26 არ მიეზღინება ძირითად ურიკას 14 და არ დაფიქსირდება მასში. მუშები გაათავისუფლებენ ძირითად სატვირთო ურიკას 14 მსდექისაგან 15, ძირითადი სატვირთო დოლი 3 გადადის სამუხრუჭე რეჟიმში და ურიკა 14 ტვირთით 29 იწყებს მოძრაობას ფერდობის გრძივი მი მართულებით ქვემოთ – ზედა საწყობამდე. ტვირთის 29 ჩამოხსნის შემდეგ ძირითადი ურიკა 14 კვლავ ბრუნდება ტყესაკაფზე შემდეგი ტვირთის ტრანსპორტირებისათვის.

დროის იმ მონაკვეთში, რომელშიც ძირითადი ურიკა 14 ახლო რციელებს ტვირთის 29 ჩამოტანას ზედა საწყობამდე და უქმი სვლით ტყესაკაფზე დაბრუნებას, დამხმარე ურიკები 22, 23 აწარმოებენ სორტიმენტების მოზიდვას გვერდითი მხრიდან შეუჩერებლად, რაც ხელს უწყობს მორთრევის პროცესის უწყვეტობას.

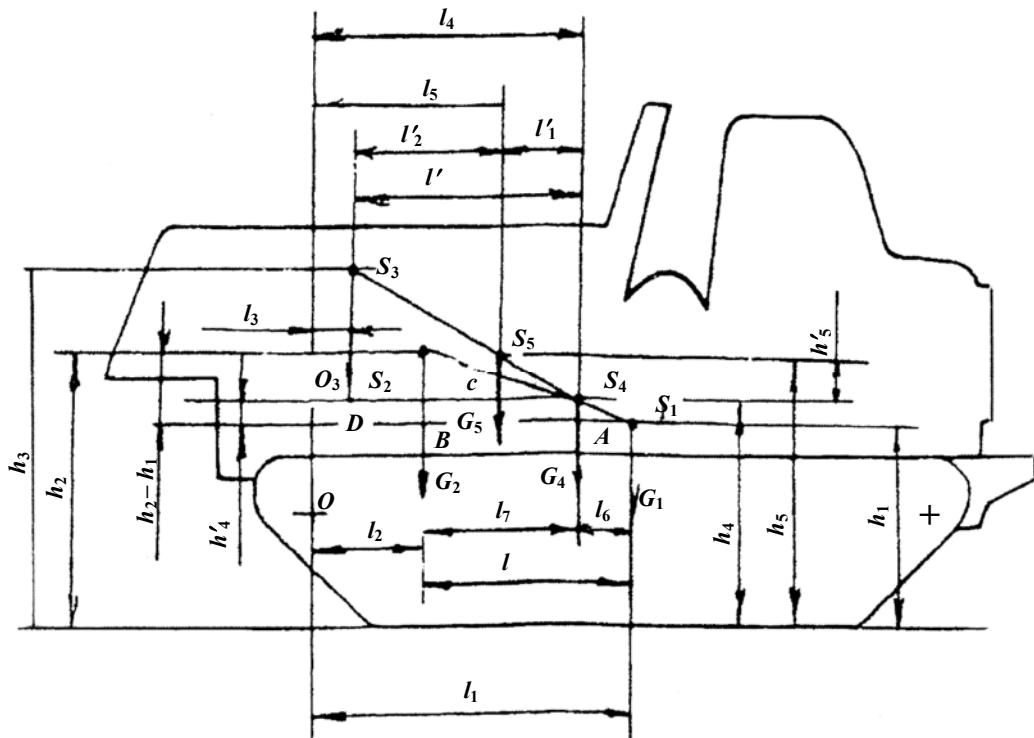
ახალი განიგადასატანი ბაგირ -ბლოკური საბაგირო მორსათრევი დანადგარის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ დანადგარის მწარმოებლურობა და ექსპლუატაციის ხარისხი – ტექნოლოგიური პროცესების ცალკეულ ოპერაციებზე სამუშაო დროის მაქსიმალური გამოყენების გზით.

### **2.3. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოკვლევა**

#### **2.3.1. დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს**

მთაგორიან ტყესაკაფებზე ექსტრემალურ პირობებში ხე-ტყის მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის სირთულიდან გამომდინარე, აუცილებლობას წარმოადგენს, მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა) მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა და მასთან დაკავშირებული პარამეტრების ზღვრული მნიშვნელობების დადგენა [33].

აღნიშნული საკითხის შესასწავლად, პირველ რიგში საჭიროა, მთა-ის საბაზო ტრაქტორი TT-4-ის და მასზე დამონტაჟებული ძარა - ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმის სიმძიმის ცენტრების  $S_1$  და  $S_2$  კოორდინატების  $l_1, h_1$  და  $l_2, h_2$  მიხედვით, განისაზღვროს მთა-ის სიმძიმის ცენტრის  $S_4$  კოორდინატები  $l_4$  და  $h_4$ . ამისათვის. გრაფიკ - ანალიზური მეთოდის საფუძველზე მიღებული ფორმულებით განსაზღვრება აღნიშნული  $l_4$  და  $h_4$  კოორდინატების მნიშვნელობები (ნახ. 27):



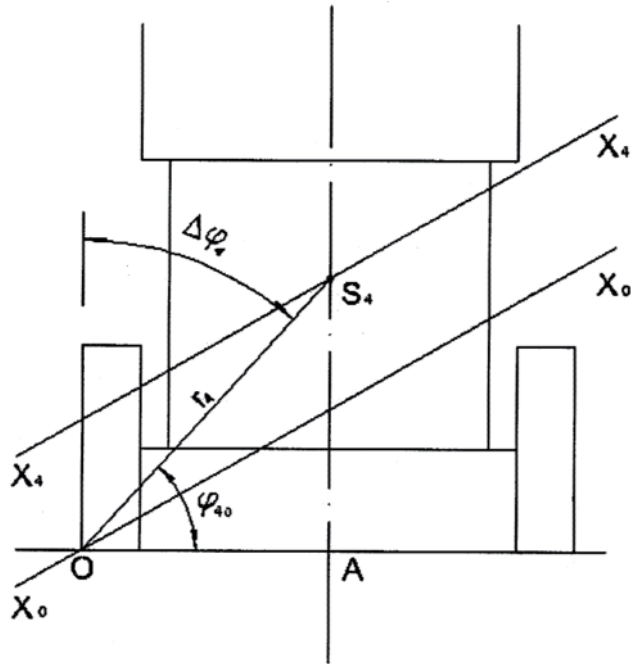
ნახ. 27. მთა-ის სიმძიმის ცენტრების კოორდინატების საანგარიშო სქემა

$$l_4 = \frac{l_1 G_1 + l_2 G_2}{G_1 + G_2}, \quad (46)$$

$$h_4 = h_1 + \frac{G_2 (h_1 + h_2)}{G_1 + G_2}. \quad (47)$$

დაუტვირთავე მთა-ის  $S_4$  სიმძიმის ცენტრის  $l_4$  და  $h_4$  კოორდინატების სიდიდეების დასადგენად ცნობილია:  $l_1 = 2370$  მმ;  $h_1 = 1010$  მმ;  $l_2 = 1550$  მმ და  $h_2 = 1650$  მმ. ფორმულებში (46) და (47) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ  $l_4 = 2350$  მმ;  $h_4 = 1450$  მმ.

მთა-ის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევად ვადგენთ აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლებას ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის წიბოზე გამავალი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ, რაც აგრე გატის მრუდწირული გადაადგილების დროს, გადაყირაგების დაწყების მომენტიდან, წარმოადგენს აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 28, 29).



ნახ. 28. დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა

დაუტვირთავი აგრეგატისათვის გვექნება

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\phi}_1 = m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_1) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_1) r_4, \quad (48)$$

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

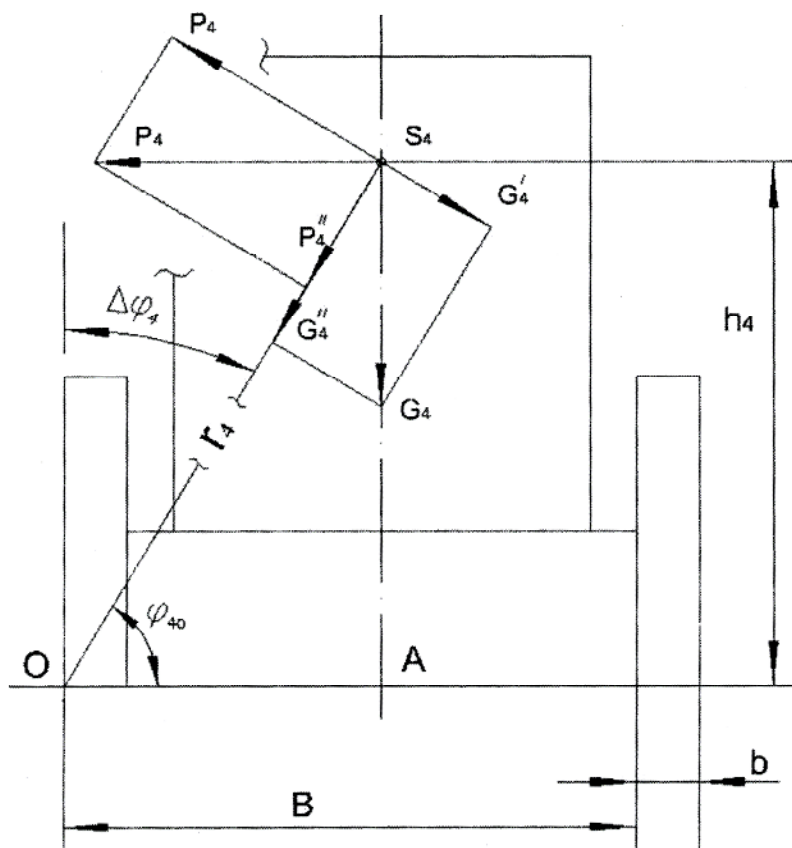
$\Delta \ddot{\phi}_1$  – დაუტვირთავი მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ვაკეზე  $r_4$  რადიუსით ბრუნვის კუთხური აჩქარება. 1/წმ<sup>2</sup>;

$m_4$  – დაუტვირთავი აგრეგატის მასა, კგ;

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

$\varphi_{40}$  – დაუტვირთავი მთა-ის ვაკეზე საწყის მდგომარეობაში  $r_4$  რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

$\Delta\varphi_1$  – დაუტვირთავი მთა-ის ვაკეზე საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო  $r_4$  რადიუსით ბრუნვის კუთხე, გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;



ნახ. 29. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს

$r_4$  – დაუტვირთავი მთა-ის სიმძიმის  $S_4$  ცენტრის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსი, მ;

$G_4$  – დაუტვირთავი მთა-ის წონა, ნ.

$$I_{4x_0x_0} = I_{4x_4x_4} + m_4 r_4^2, \quad (4.9)$$

სადაც  $I_{4x_4x_4}$  – დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი სიმძიმის  $S_4$  ცენტრში,  $x_0x_0$  ღერძის პარალელურად გამავალი  $x_4x_4$  ღერძის მიმართ, კგმ<sup>2</sup>.

$I_{4x_4x_4}$  ინერციის მომენტის განსაზღვრისათვის დაუტვირთავი მთა ჩავთვალოთ სამგანზომილებიანი  $a, b, c$  პრიზმატულ მეტალის სხეულად და ვისარგებლოთ ფორმულით

$$I'_{4x_4x_4} = \frac{\gamma_1}{12g} a_0^3 bc \left( 1 + \frac{b^2}{a_0^2} \right), \quad (50)$$

სადაც  $I'_{4x_4x_4}$  – დაუტვირთავი მთა-ის გეომეტრიული ზომებიდან გამომდინარე, როგორც მეტალის მთლიანი პრიზმატული სხეულის ინერციის მომენტი, კგმ<sup>2</sup>;

$\gamma_1$  – მთა-ის, როგორც მეტალის სხეულის სიმკვრივე 0,0079 კგ/სმ<sup>3</sup>;

$a_0 = 270$  სმ,  $b = 250$  სმ და  $c = 600$  სმ – შესაბამისად მთა-ის: სიმაღლე, სიგანე და სიგრძე, მ;

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარებამ 981 სმ/წმ<sup>2</sup>.

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით (50) ფორმულაში მივიღებთ

$$I'_{4x_4x_4} = \frac{0,0079}{12 \cdot 981} \cdot 270^3 \cdot 250 \cdot 600 \cdot \left( 1 + \frac{250^2}{270^2} \right) = 3679350 \text{ კგსმ}^2 = 367935 \text{ კგმ}^2.$$

მთა-ის ინერციის მომენტის  $I_{4x_4x_4}$  რეალური სიდიდის მნიშვნელობის დასადგენად, საჭიროა ინერციის მომენტი  $I'_{4x_4x_4}$ , მთა-ის გაბარიტული ზომებიდან გამომდინარე, გავამრავლოთ მოცულობის შევსების  $K_1$  კოეფიციენტზე.  $K_1$  კოეფიციენტი ტოლია

$$K_1 = \frac{m_4}{a_0 bc \gamma_1} = \frac{13,6}{2,7 \cdot 2,5 \cdot 6,0 \cdot 7,9} = 0,0425, \quad (51)$$

$K_1$ -ის გათვალისწინებით გვექნება:

$$I_{4x_4x_4} = I'_{4x_4x_4} \cdot K_1 = 367935 \cdot 0,0425 = 15637 \text{ კგმ}^2. \quad (52)$$

ფორმულით (49) ვსაზღვრავთ  $I_{4x_0x_0}$  ინერციის მომენტს

$$I_{4x_0x_0} = 15637 + 13600 \cdot 1,76^2 = 57764 \text{ კგმ}^2.$$

კუთხის  $\varphi_{40}$  და რადიუსის  $r_4$  სიდიდეების მნიშვნელობები განისაზღვრება  $S_4$  სიმძიმის ცენტრის კოორდინატების  $OA = 1,0$  მ;  $AS_4 = 1,45$  მ სიდიდეების მიხედვით (ნახ. 29).

$$\text{ნახაზიდან } \varphi_{40} = 55^\circ 24'; \quad r_4 = 1,76 \text{ მ.}$$

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



$$m_4 a_1 \sin \varphi_{40} r_4 - G_4 \cos \varphi_{40} r_4 = 0, \quad (53)$$

საიდანაც

$$a_1 = \frac{G_4 \cos \varphi_{40}}{m_4 \sin \varphi_{40}} = \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24'}{13600 \cdot \sin 55^\circ 24'} = \frac{136000 \cdot 0,56784}{13600 \cdot 0,82314} = 6,9 \text{ მ/წმ}^2. \quad (54)$$

ვიცით რა ცენტრიდანული აჩქარების  $a_1$  მნიშვნელობა დაუტვირთვი მთა-ის ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას, ვპოულობთ მოძრაობის კრიტიკულ სიჩქარეს (ნახ. 29)

$$V_{\text{კ}} = \sqrt{a_1 R} = \sqrt{6,9 \cdot 2,0} = 3,7 \text{ მ/წმ}. \quad (55)$$

$\Delta \varphi_1$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ პირობიდან, როცა აგრეგატის წონით გამოწვეული გამაწონასწორებელი მომენტი გაუტოლდება ნულს

$$G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{1\max}) r_4 = 0. \quad (56)$$

მიღებული ტრანსცენდენტული განტოლება (56) ამოხსნის მიზნით გადაგვყავს გაწრფივებულ მოდელში, რისთვისაც  $\cos$ -ის ფუნქციას ვიხილავთ ნაზრდებში

$$G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta \varphi_{1\max} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta \varphi_{1\max}) r_4 = 0, \quad (57)$$

$$G_4 r_4 \cos \varphi_{40} \cos \Delta \varphi_{1\max} = G_4 r_4 \sin \varphi_{40} \sin \Delta \varphi_{1\max}, \quad (58)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta \varphi_{1\max} = \frac{\cos \varphi_{40}}{\sin \varphi_{40}} = \frac{\cos 55^\circ 24'}{\sin 55^\circ 24'} = \frac{0,56784}{0,82314} = 0,68985, \quad (59)$$

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

ახალი მეთოდის მიხედვით, რომელიც დაკავშირებულია მთა-ის მოძრაობის განივ მდგრადობასთან, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება  $t_1$  დროის განსაზღვრას, რაც შეესაბამება ვაკეზე აგრეგატის მრუდწირული მოძრაობის დროს გადაბრუნების დაწყების მომენტიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე.  $t_1$  მნიშვნელობის საპოვნელად პირველ რიგში (48) განტოლებიდან ვსაზღვრავთ  $\Delta \ddot{\varphi}_1$  კუთხურ აჩქარებას

$$\Delta \ddot{\varphi}_1 = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{1\max}) r_4], \quad (60)$$

რადგანაც  $\Delta \varphi_{1\max} = \frac{\Delta \ddot{\varphi}_1 t_1^2}{2}$ , მივიღებთ

$$\frac{2\Delta\varphi_{1\max}}{t_1^2} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4], \quad (61)$$

საიდანაც

$$\Delta\varphi_{1\max} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4] \frac{t_1^2}{2}, \quad (62)$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{1\max} \cdot I_{4x_0x_0}}{m_4 a_1 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{1\max}) r_4}}. \quad (63)$$

შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები და მივიღე ბო

$$\begin{aligned} t_1 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 34^\circ 36' \cdot 57764}{13600 \cdot 6,9 \cdot \sin(55^\circ 24' + 34^\circ 36') \cdot 1,76 - 136000 \cdot \cos(55^\circ 24' + 34^\circ 36') \cdot 1,76}} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,604 \cdot 57764}{165158 \cdot \sin 90^\circ - 239360 \cdot \cos 90^\circ}} = 0,65 \text{ წმ.} \end{aligned}$$

მიღებული შედეგებიდან ირკვევა, რომ მთა-ის ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მოძრაობის განივი მდგრადობა არ დაირღვევა, რადგანაც მაქსიმალური სიჩქარე, რომელიც შეიძლება განავითაროს აგრეგატმა არის 2,84 მ/წმ, რაც აკმაყოფილებს აგრეგატის მდგრადობის პირობას

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

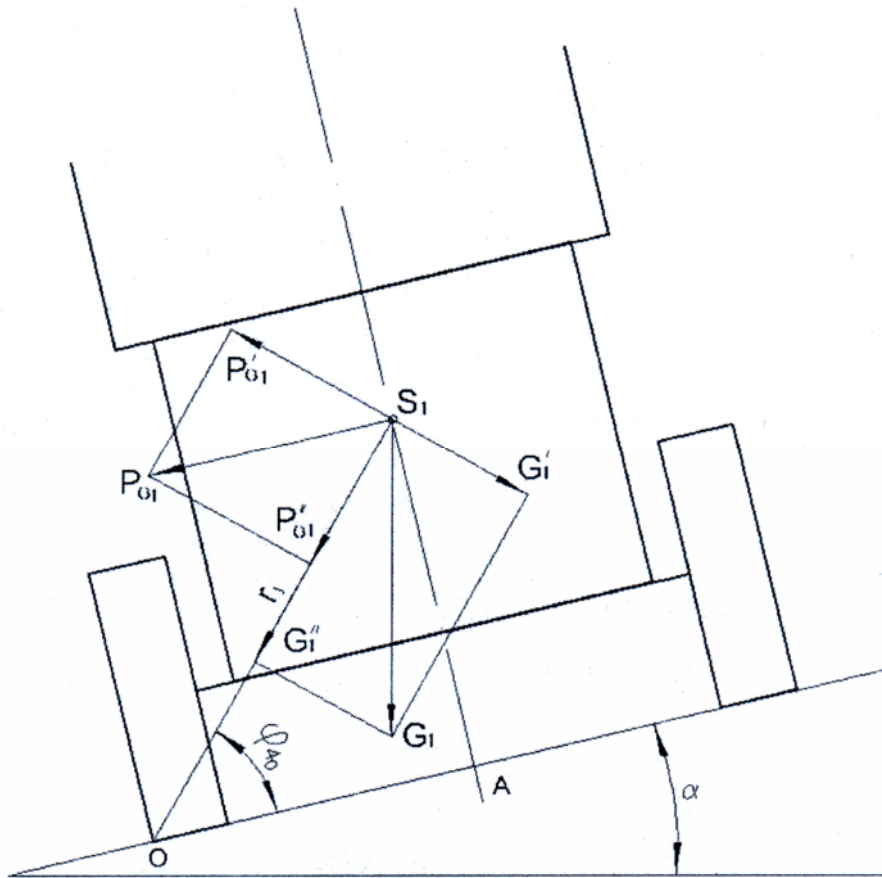
### 2.3.2. დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს

მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევად ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, საჭიროა შევადგინოთ აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლება (ნახ. 28, 30) [35 -37].

$$I_{4x_0x_0} \Delta\ddot{\varphi}_2 = m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_2) r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_2) r_4, \quad (64)$$

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

$a_2$  - დაუტვირთავი მთა-ის  $\alpha$  კუთხით დახრილ ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს ცენტრიდანული აჩქარება,  $\text{მ/წმ}^2$ ;



ნახ. 30. დაუტვირთავ მთა-ზე მოქმედი ძალების  $x_0x_0$  დერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს

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

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

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

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

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

$$m_4 a_2 \sin \varphi_{40} r_4 - G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 = 0, \quad (65)$$

საიდანაც

$$a_2 = \frac{G_4 \cos \varphi'_{40}}{m_4 \sin \varphi_{40}} = \frac{136000 \cdot \cos 75^\circ 24'}{13600 \cdot \sin 55^\circ 24'} = \frac{136000 \cdot 0,25207}{13600 \cdot 0,96771} = \frac{34282}{13161} = 2,6 \text{ მ/წმ}^2. \quad (66)$$

ამ შემთხვევაში კრიტიკული სიჩქარე, როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას ტოლია

$$V_{j^2} = \sqrt{a_2 R} = \sqrt{2,6 \cdot 2,0} = 2,28 \text{ მ/წმ}. \quad (67)$$

$\Delta\varphi_{2\max}$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ ტოლობიდან

$$G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{2\max})r_4 = 0. \quad (68)$$

ტრანსცენდენტული განტოლება (68) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მიიღებს სახეს

$$G_4 (\cos \varphi'_{40} \cos \Delta\varphi_{2\max} - \sin \varphi'_{40} \sin \Delta\varphi_{2\max})r_4 = 0, \quad (69)$$

საიდანაც

$$tg \Delta\varphi_{2\max} = \frac{\cos \varphi'_{40}}{\sin \varphi'_{40}} = \frac{\cos 75^\circ 24'}{\sin 75^\circ 24'} = \frac{0,25207}{0,96771} = 0,26048, \quad (70)$$

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

$t_2$ -ის საპოვნელად განტოლებიდან (64) ვსაზღვრავთ  $\Delta\ddot{\varphi}_2$  კუთხურ აჩქარებას

$$\Delta\ddot{\varphi}_2 = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_2)r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_2)r_4], \quad (71)$$

საიდანაც

$$\Delta\varphi_{2\max} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{2\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{2\max})r_4] \frac{t_2^2}{2}, \quad (72)$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{2\max} \cdot I_{4x_0x_0}}{m_4 a_2 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{2\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{2\max})r_4}}. \quad (73)$$

განტოლებაში (73) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ

$$\begin{aligned} t_2 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,259 \cdot 57764}{13600 \cdot 2,6 \cdot \sin(55^\circ 24' + 14^\circ 36') \cdot 1,76 - 136000 \cdot \cos(75^\circ 24' + 14^\circ 36') \cdot 1,76}} = \\ &= \sqrt{\frac{29922}{62234 \cdot \sin 70^\circ}} = \sqrt{\frac{29922}{62234 \cdot 0,93969}} = 0,72 \text{ წმ}. \end{aligned}$$

მაშასადამე, ფერდობზე მინიმალური რადიუსით აღმართის მხარეს დაუტვირთავი მთა-ის მობრუნების დროს კრიტიკული სიჩქარე

$V_{\rho_2} = 2,28$  მ/წმ-ს, რაც ნაკლებია აგრეგატის მაქსიმალურ სიჩქარეზე  $V = 2,84$  მ/წმ-ზე. ამ შემთხვევაში, აგრეგატი შეიძლება გახდეს არამდგრადი, თუ  $V$  გახდება  $2,28$  მ/წმ -ზე მეტი. ამასთან, დრო  $t_2$  გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე ტოლია  $0,72$  წმ-ისა, რაც იმას ნიშნავს, რომ დროის სიმცირის გამო გადაბრუნება გარდაუვალია.

### 2.3.3. ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დაუტვირთავი მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს

მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევის ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს. ამისათვის ვადგენთ აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 29, 30) [33].

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\alpha}_1 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\alpha_1}) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \alpha_{\alpha_1}) r_4, \quad (74)$$

სადაც  $a$  – მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მ/წმ<sup>2</sup>.

$$a = \frac{V^2}{R} = \frac{2,84^2}{2} = 4,03 \text{ მ/წმ}^2,$$

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

$\Delta \alpha_{\alpha_1}$  – ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე, როცა დაუტვირთავი მთა იწვევს  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო  $r_4$  რადიუსით ბრუნვას-გადაბრუნებას, გრად.

ფერდობზე აღმართის მხარეს დაუტვირთავი აგრეგატის მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ მობრუნების დროს, ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის  $\alpha_{\alpha_1}$  მნიშვნელობას, როცა აგრეგატი იწვევს

გადაბრუნებას, ვპოულობთ აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან

$$m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ1}}) r_4 = G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ1}}) r_4. \quad (75)$$

ტრანსცენდენტული განტოლება (75) გადაგვყავს გაწრფივებულ მოდელში, რისთვისაც  $\sin$  და  $\cos$  ფუნქციებს ვიხილავთ ნახრდებში

$$\begin{aligned} m_4 a (\sin \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ1}} - \cos \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ1}}) &= \\ &= G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ1}} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ1}}), \end{aligned} \quad (76)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha_{\text{ბ1}} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} - m_4 a \sin \varphi_{40}}{m_4 a \cos \varphi_{40} + G_4 \sin \varphi_{40}}. \quad (77)$$

ფორმულაში (77) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შედეგად მივიღებთ

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta\alpha_{\text{ბ1}} &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' - 13600 \cdot 4,03 \cdot \sin 55^\circ 24'}{13600 \cdot 4,03 \cdot \cos 55^\circ 24' + 136000 \cdot \sin 55^\circ 24'} = \\ &= \frac{136000 \cdot 0,56784 - 54808 \cdot 0,82314}{54808 \cdot 0,56784 + 136000 \cdot 0,82314} = \frac{32112}{143069} = 0,22444, \end{aligned}$$

$$\Delta\alpha_{\text{ბ1}} = 12^\circ 39'.$$

დაუტვირთავი მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ მოძრაობის დროს, მინიმალური რადიუსით მობრუნების შემთხვევაში, როცა აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას, ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე ტოლია  $12^\circ 39'$ .

$t_3$  დროის საპოვნელად ვიყენებთ დაუტვირთავი მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული გადაადგილების დროს

$$I_{4x_0x_0} \Delta \ddot{\varphi}_3 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_3) r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_3) r_4, \quad (78)$$

სადაც  $\Delta \ddot{\varphi}_3 - \Delta\alpha_{\text{ბ1}}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დაუტვირთავი მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\text{წმ}^2$ ;

$\varphi_{40}'' - \Delta\alpha_{\text{ბ1}}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის საწყისი მდგომარეობიდან ბრუნვის  $r_4$  რადიუსის დახრის კუთხე პორიზონტალთან, გრად.

$$\varphi_{40}'' = \varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ1}} = 55^\circ 24' + 12^\circ 39' = 68^\circ 3';$$

$\Delta\varphi_3 - \Delta\alpha_{\varphi_1}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დაუტვირთავი მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად.

$\Delta\varphi_3$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{3\max})r_4 = 0. \quad (79)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (79) გაწვრივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მივიღებთ

$$G_4 (\cos \varphi_{40}'' \cos \Delta\varphi_{3\max} - \sin \varphi_{40}'' \sin \Delta\varphi_{3\max}) = 0, \quad (80)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{3\max} = \frac{\cos \varphi_{40}''}{\sin \varphi_{40}''} = \frac{\cos 68^\circ 3'}{\sin 68^\circ 3'} = \frac{0,37380}{0,92751} = 0,40301,$$

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

$t_3$  დროის საპოვნელად (78) განტოლებიდან ვწერთ

$$\Delta\ddot{\varphi}_3 = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_3)r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_3)r_4], \quad (81)$$

საიდანაც შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{2\Delta\varphi_{3\max}}{t_3^2} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{3\max})r_4],$$

საიდანაც

$$\Delta\varphi_{3\max} = \frac{1}{I_{4x_0x_0}} [m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{3\max})r_4] \frac{t_3^2}{2}, \quad (82)$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{3\max} \cdot I_{4x_0x_0}}{m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{3\max})r_4 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_{3\max})r_4}}. \quad (83)$$

$$\begin{aligned} t_3 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 21^\circ 57' \cdot 57764}{13600 \cdot 4,03 \cdot \sin(55^\circ 24' + 21^\circ 57') \cdot 1,76 - 136000 \cdot \cos(68^\circ 3' + 21^\circ 57') \cdot 1,76}} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,384 \cdot 57764}{96462 \cdot \sin 77^\circ 21' - 239360 \cdot \cos 90^\circ}} = \sqrt{\frac{44363}{96462 \cdot 0,97573}} = \sqrt{\frac{44363}{94121}} = 0,69 \text{ წმ.} \end{aligned}$$

დაუტვირთავი მთა-ის განივი მიმართულებით მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს ზღვრული კუთხე, რომელზედაც აჭევატი იწყებს გადაბრუნებას ტოლია  $12^\circ 39'$ . ამ შემთხვევაში,  $t_3$  დრო

გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე ტოლია 0,69წმ-ისა.

### 2.3.4. დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს

დატვირთული მთა-ის ვაკეზე მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევად, ვადგენთ აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლებას  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ (ნა ხ. 31, 32), რაც აგრეგატის მრუდწირული გადაადგილების დროს, გადაყირავების დაწყების მომენტიდან, წარმოადგენს აგრეგატის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას [38, 39].

$$I_{\Sigma}x_0x_0\Delta\ddot{\varphi}_4 = m_4a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 + m_3a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3, \quad (84)$$

სადაც  $I_{\Sigma}x_0x_0$  – დატვირთული მთა-ის ჯამური ინერციის მომენტი  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ, კგმ<sup>2</sup>;

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

$a_3$  – დატვირთული მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მ/წმ<sup>2</sup>;

$\Delta\varphi_4$  – დატვირთული მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ვაკეზე ბრუნვის კუთხე საწყისი მდგომარეობიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

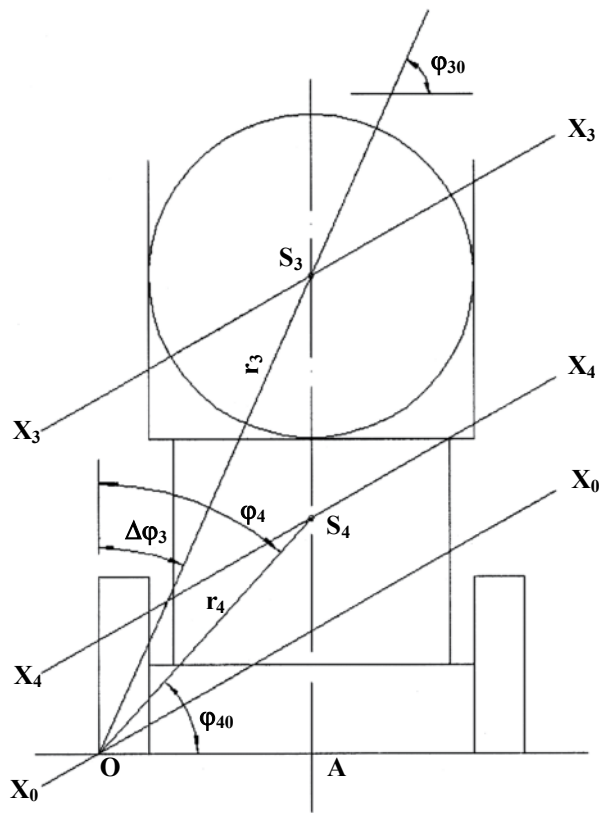
$m_3$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას მასა, კგ;

$\varphi_{30}$  – დატვირთული მთა-ის საწყის მდგომარეობაში, ვაკეზე  $r_3$  რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

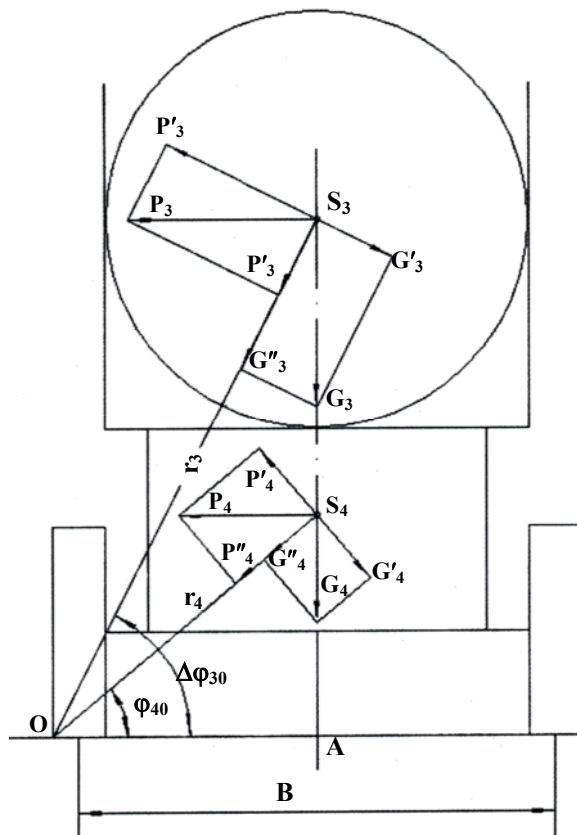
$r_3$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას  $S_3$  სიმძიმის ცენტრის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსი, მ;

$G_3$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას წონა, ნ.





ნახ. 31. დატვირთული მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა



ნახ. 32. დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების  $x_0x_0$  ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს

$$I_{\Sigma x_0 x_0} = I_{4x_0 x_0} + I_{3x_0 x_0}, \quad (85)$$

სადაც  $I_{4x_0 x_0}$  – აგრეგატის ინერციის მომენტი  $x_0 x_0$  ღერძის მიმართ ცნობილია და ტოლია

$$I_{4x_0 x_0} = 57764 \text{ კმ}^2;$$

$I_{3x_0 x_0}$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას ინერციის მომენტი  $x_0 x_0$  ღერძის მიმართ, კმ<sup>2</sup>

$$I_{3x_0 x_0} = I_{3x_3 x_3} + m_3 r_3^2, \quad (86)$$

სადაც  $I_{3x_3 x_3}$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას ინერციის მომენტი  $S_3$  სიმძიმის ცენტრში გამავალი,  $x_0 x_0$  ღერძის პარალელური  $x_3 x_3$  ღერძის მიმართ, კმ<sup>2</sup>.

$I_{3x_3 x_3}$  შეკრულას ინერციის მომენტი, როგორც მერქნის (კერძოდ მუხის) გარკვეული სიგრძის ცილინდრული სხეულის ინერციის მომენტი იანგარიშება ფორმულით

$$I_{3x_3 x_3} = \frac{\pi}{32} \frac{\gamma_2}{g} d_3^4 L, \quad (87)$$

სადაც  $\gamma_2$  – მერქნის, კერძოდ მუხის სიმკვრივე:

15%-იანი ტენიანობის – 740 კგ/მ<sup>3</sup>;

22%-იანი ტენიანობის – 770 კგ/მ<sup>3</sup>;

ნახევრად მშრალი – 800 კგ/მ<sup>3</sup>;

ნედლი – 1010 კგ/მ<sup>3</sup>;

$d_3$  – შეკრულას ან მორის დიამეტრი, მ;

$L$  – შეკრულას ან მორის სიგრძე, მ.

ფორმულებში (87), (86), (85) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით

მივიღებთ

$$I_{3x_3 x_3} = \frac{3,14}{32} \cdot \frac{0,00101}{981} \cdot 200^4 \cdot 600 = 96985 \text{ კგ სმ}^2 = 9698,5 \text{ კმ}^2;$$

$$I_{3x_0 x_0} = 9698,5 + 5000 \cdot 2,03^2 = 30303 \text{ კმ}^2;$$

$$I_{\Sigma x_0 x_0} = 57764 + 30303 = 88067 \text{ კმ}^2.$$

ნახ. 32-ის მიხედვით  $r_3$  რადიუსი და  $\varphi_{30}$  კუთხე იანგარიშება

$$r_3 = \sqrt{OA^2 + AS_3^2} = \sqrt{1,0^2 + 1,77^2} = 2,03 \text{ მ},$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{30} = \frac{AS_3}{OA} = \frac{1,77}{1,0} = 1,77; \quad \varphi_{30} = 60^\circ 34'.$$

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

$$m_4 a_3 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 a_3 \sin \varphi_{30} r_3 = G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3, \quad (88)$$

საიდანაც

$$a_3 = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{m_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 \sin \varphi_{30} r_3}; \quad (89)$$

$$\begin{aligned} a_3 &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 60^\circ 34' \cdot 2,03}{13600 \cdot \sin 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 5000 \sin 60^\circ 34' \cdot 2,03} = \\ &= \frac{136000 \cdot 0,56784 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,49141 \cdot 2,03}{13600 \cdot 0,82314 \cdot 1,76 + 5000 \cdot 0,87093 \cdot 2,03} = 6,5 \text{ მ/წმ}^2, \end{aligned}$$

მაშინ მთა-ის ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მოძრაობის განივი მდგრადობის კრიტიკული სიჩქარე ტოლია

$$V_{\text{კრ}} = \sqrt{a_3 R} = \sqrt{6,5 \cdot 2,0} = 3,6 \text{ მ/წმ}.$$

$\Delta\varphi_4$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ პირობიდან, როცა ფერდობზე განივი მიმართულებით მოძრავი დატვირთული მთა-ის და ტვირთის წონებით გამოწვეული გამაწონასწორებელი მომენტი გაუტოლდება ნულს

$$G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 + G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3 = 0. \quad (90)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (90) გაწვრივებულ მოდელში გადაყვანით მივიღებთ

$$\begin{aligned} G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \varphi_{4\max} - \sin \varphi_{40} \sin \varphi_{4\max}) r_4 + \\ + G_3 (\cos \varphi_{30} \cos \varphi_{4\max} - \sin \varphi_{30} \sin \varphi_{4\max}) r_3 = 0. \end{aligned} \quad (91)$$

საიდანაც

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\Delta\varphi_{4\max} &= \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3}. \quad (92) \\ \operatorname{tg}\Delta\varphi_{4\max} &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 60^\circ 34' \cdot 2,03}{136000 \cdot \sin 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \sin 60^\circ 34' \cdot 2,03} = \\ &= \frac{136000 \cdot 0,56784 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,49141 \cdot 2,03}{136000 \cdot 0,82314 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,87093 \cdot 2,03} = \end{aligned}$$

$$= \frac{135918 + 49878}{197027 + 88399} = \frac{185796}{285426} = 0,6509,$$

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

$t_4$  დროის საანგარიშოდ, რომელიც შეესაბამება პერიოდს დატვირთული მთხის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების შემთხვევაში, განტოლებიდან (84) ვსაზღვრავთ  $\Delta\ddot{\varphi}_4$  კუთხურ აჩქარებას

$$\Delta\ddot{\varphi}_4 = \frac{1}{I_{\Sigma}x_0x_0} [m_4a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 + m_3a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4)r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4)r_3].$$

რადგანაც

$$\Delta\varphi_{4\max} = \frac{\Delta\ddot{\varphi}_4 t_4^2}{2}, \quad (93)$$

გვექნება

$$\Delta\varphi_{4\max} = \frac{1}{I_{\Sigma}x_0x_0} [m_4a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max})r_4 + m_3a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max})r_3] \frac{t_4^2}{2}, \quad (94)$$

საიდანაც

$$t_4 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{4\max} \cdot I_{\Sigma}x_0x_0}{m_4a_3 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max})r_4 + m_3a_3 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max})r_3}}. \quad (95)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების შეტანის შემდეგ მივიღებთ

$$t_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot 33^\circ 4' \cdot 88067}{13600 \cdot 6,5 \cdot \sin(55^\circ 24' + 33^\circ 4') \cdot 1,76 + 5000 \cdot 6,5 \sin(60^\circ 34' + 33^\circ 4') \cdot 2,03 - \sqrt{-136000 \cdot \cos(55^\circ 24' + 33^\circ 4') \cdot 1,76 - 50000 \cdot \cos(60^\circ 34' + 33^\circ 4') \cdot 2,03}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,579 \cdot 88067}{155584 \cdot \sin 88^\circ 28' + 65975 \cdot \cos 3^\circ 38' - 239360 \cdot \cos 88^\circ 28' - 101500(-\sin 3^\circ 38')}} =$$

$$= \sqrt{\frac{101982}{155684 \cdot 0,99964 + 65975 \cdot 0,99799 - 239360 \cdot 0,02676 + 101500 \cdot 0,06337}} =$$

$$= \sqrt{\frac{101982}{155528 + 65842 - 6405 + 6432}} = \sqrt{\frac{101982}{221397}} = \sqrt{0,461} = 0,68 \text{ წმ.}$$

აღნიშნული გამოკვლევიდან მივიღეთ, რომ ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კრიტიკული სიჩქარე  $V_{კრ}$  ტოლია 3,6 მ/წმ, რაც მეტია აგრეგატის მაქსიმალურ სიჩქარეზე  $V = 2,84$  მ/წმ. გამომდინარე აქედან, აგრეგატი მყარად ინარჩუნებს განივ მდგრადობას მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობის დროს.

### 2.3.5. დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კვლევა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს

დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევად, ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, ამისათვის ვადგენთ აგრეგატის მოძრაობის მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 31, 33) [40].

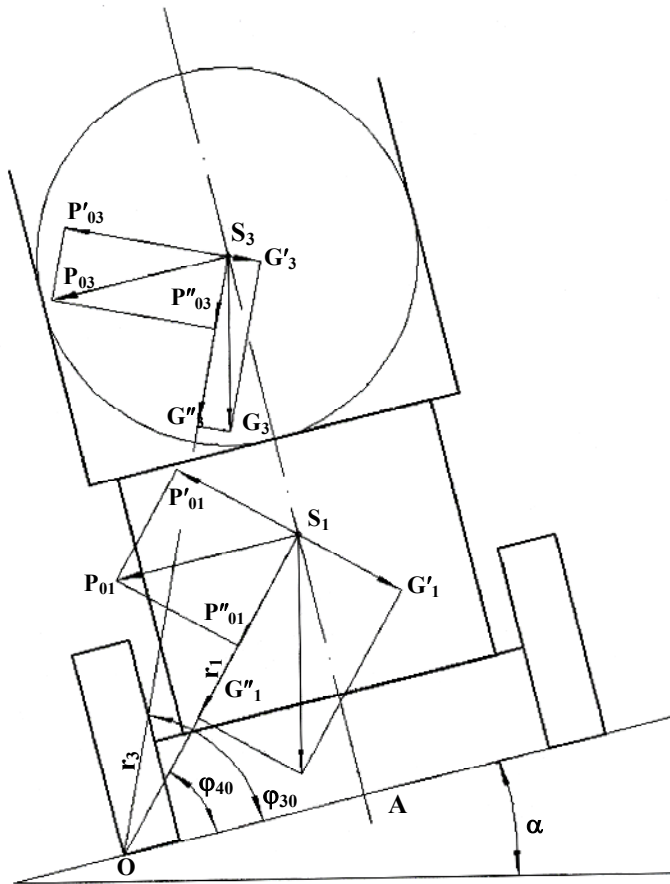
$$I_{\Sigma} x_0 x_0 \Delta \ddot{\varphi}_5 = m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_5) r_3 - G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 - G_3 \cos(\varphi'_{30} + \Delta \varphi_5) r_3, \quad (96)$$

სადაც  $\Delta \ddot{\varphi}_5$  – დატვირთული მთა-ის  $x_0 x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება, 1/წმ<sup>2</sup>;

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

$\Delta \varphi_5$  – დატვირთული მთა-ის  $x_0 x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე საწყისი მდგომარეობიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$\varphi'_{30} - \alpha = 20^\circ$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0 x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად.



ნახ. 33. დატვირთულ მობ-ზე მოქმედი ძალების  $x_0, x_0$  ღერძის მიმართ მომენტების საანგარიშო სქემა ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული მოძრაობის დროს

$\Delta\varphi_5$  კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვპოულობთ პირობიდან

$$G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{5\max})r_4 + G_3 (\varphi'_{30} + \Delta\varphi_{5\max})r_3 = 0. \quad (97)$$

განტოლება (97) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ მიიღებს სახეს

$$G_4 (\cos \varphi'_{40} \cos \Delta\varphi_{5\max} - \sin \varphi'_{40} \sin \Delta\varphi_{5\max})r_4 + G_3 (\cos \varphi'_{30} \cos \Delta\varphi_{5\max} - \sin \varphi'_{30} \sin \Delta\varphi_{5\max})r_3 = 0, \quad (98)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{5\max} = \frac{G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi'_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi'_{30} r_3}, \quad (99)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta\varphi_{5\max} &= \frac{136000 \cdot \cos 75^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 80^\circ 34' \cdot 2,03}{136000 \cdot \sin 75^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \sin 80^\circ 34' \cdot 2,03} = \\ &= \frac{136000 \cdot 0,25207 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,16390 \cdot 2,03}{136000 \cdot 0,96771 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,98648 \cdot 2,03} = \end{aligned}$$

$$= \frac{60335 + 16636}{231631 + 100128} = \frac{76971}{331759} = 0,23201,$$

$$\operatorname{tg} \Delta \varphi_{5 \max} = 0,23201; \quad \Delta \varphi_{5 \max} = 13^{\circ} 4'.$$

დატვირთული მთა-ის ფერდობზე აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, ცენტრიდანული აჩქარება იანგარიშება აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან

$$m_4 a_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 a_4 \sin \varphi_{30} r_3 = G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3, \quad (100)$$

საიდანაც

$$a_4 = \frac{G_4 \cos \varphi'_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi'_{30} r_3}{m_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 \sin \varphi_{30} r_3}. \quad (101)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ

$$\begin{aligned} a_4 &= \frac{136000 \cdot \cos 75^{\circ} 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 80^{\circ} 34' \cdot 2,03}{13600 \cdot \sin 55^{\circ} 24' \cdot 1,76 + 5000 \sin 60^{\circ} 34' \cdot 2,03} = \\ &= \frac{136000 \cdot 0,25207 \cdot 1,76 + 50000 \cdot 0,16390 \cdot 2,03}{13600 \cdot 0,82314 \cdot 1,76 + 5000 \cdot 0,87093 \cdot 2,03} = \\ &= \frac{60335 + 16636}{19703 + 8840} = \frac{76971}{28543} = 2,7 \text{ მ/წმ}^2. \end{aligned}$$

ამ შემთხვევაში, ფერდობზე მთა-ის განივი მიმართულებით მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარე ტოლი იქნება

$$V_{j4} = \sqrt{a_4 R} = \sqrt{2,7 \cdot 2,0} = 2,32 \text{ მ/წმ}.$$

$t_5$  დროის საპოვნელად ვსარგებლობთ (96) განტოლებით,

საიდანაც

$$\begin{aligned} \Delta \ddot{\varphi}_5 &= \frac{1}{I_{\Sigma x_0 x_0}} [m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_5) r_3 - \\ &- G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta \varphi_5) r_4 - G_3 \cos(\varphi'_{30} + \Delta \varphi_5) r_3]; \quad (102) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \varphi_{5 \max} &= \frac{1}{I_{\Sigma x_0 x_0}} [m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_3 - \\ &- G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi'_{30} + \Delta \varphi_{5 \max}) r_3] \frac{t_5^2}{2}; \quad (103) \end{aligned}$$

საიდანაც

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

$$\begin{aligned}
& -G_4 \cos(\varphi'_{40} + \Delta\varphi_{5\max})r_4 - G_3(\varphi'_{30} + \Delta\varphi_{5\max})r_3, \tag{104} \\
t_5 = & \sqrt{\frac{2 \cdot 0,228}{13600 \cdot 2,7 \cdot \sin(55^\circ 24' + 13^\circ 4') \cdot 1,76 + 5000 \cdot 2,7 \sin(60^\circ 34' + 13^\circ 4') \cdot 2,03 -}} \\
& \frac{88067}{-136000 \cdot \cos(75^\circ 24' + 13^\circ 4') \cdot 1,76 - 50000 \cdot \cos(80^\circ 34' + 13^\circ 4') \cdot 2,03} = \\
= & \sqrt{\frac{40159}{64627 \cdot \sin 68^\circ 28' + 27405 \cdot \sin 73^\circ 38' - 239360 \cdot \cos 88^\circ 28' - 101500(-\sin 3^\circ 38')}} = \\
= & \sqrt{\frac{40159}{64627 \cdot 0,93020 + 27405 \cdot 0,95948 - 239360 \cdot 0,02676 + 101500 \cdot 0,06337}} = \\
= & \sqrt{\frac{40159}{60116 + 26295 - 6405 + 6432}} = \sqrt{\frac{40159}{86438}} = \sqrt{0,465} = 0,68 \text{ წმ}.
\end{aligned}$$

მაშასადამე, ფერდობზე მინიმალური რადიუსით აღმართის მხარეს მობრუნების დროს, დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის კრიტიკული სიჩქარე  $V_{j4} = 2,32$  მ/წმ-ს, რაც ნაკლებია აგრეგატის მაქსიმალურ სიჩქარეზე  $V = 2,84$  მ/წმ-ზე. ამ შემთხვევაში, აგრეგატი ვეღარ ინარჩუნებს განივ მდგრადობას და იწყებს გადაბრუნებას, რასაც გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე მონადომებს  $t_5 = 0,68$  წმ-ს.

### 2.3.6. ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრა დატვირთული მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს

ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის განსაზღვრის მიზნით, როცა დატვირთული მთა აღმართის მხარეს მაქსიმალური სიჩქარით ასრულებს მანევრს, ამისათვის ვადგენთ აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 31, 33) [33].

$$\begin{aligned}
I_{\Sigma x_0 x_0} \Delta \ddot{\alpha}_2 = & m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}})r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}})r_3 - \\
& - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}})r_3, \tag{105}
\end{aligned}$$

სადაც  $\Delta \ddot{\alpha}_2$  – ფერდობზე დატვირთული მთა-ის  $x_0 x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება.  $1/\text{წმ}^2$ ;



$\Delta\alpha_{\text{ბ2}}$  – ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე, როცა დატვირთული მთა იწვევს  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო გადაბრუნებას, გრად.

$\Delta\alpha_{\text{ბ2}}$  კუთხის მაქსიმალური მნიშვნელობის საპოვნელად დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის პირობიდან გვაქვს:

$$m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_3 = 0. \quad (106)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (106) გაწვრთვებულ მოდელში გადაყვანით მივიღებთ

$$m_4 a (\sin \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ2}} + \cos \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_4 + m_3 a (\sin \varphi_{30} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ2}} + \cos \varphi_{30} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_3 - G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ2}} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_4 - G_3 (\cos \varphi_{30} \cos \Delta\alpha_{\text{ბ2}} - \sin \varphi_{30} \sin \Delta\alpha_{\text{ბ2}}) r_3 = 0, \quad (107)$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha_{\text{ბ2}} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3 - m_4 a \sin \varphi_{40} r_4 - m_3 a \sin \varphi_{30} r_3}{m_4 a \cos \varphi_{40} r_4 + m_3 a \cos \varphi_{30} r_3 + G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3}, \quad (108)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta\alpha_{\text{ბ2}} &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cos 60^\circ 34' \cdot 2,03 -}{13600 \cdot 4,03 \cos 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 5000 \cdot 4,03 \cos 60^\circ 34' \cdot 2,03 +} \\ &\quad - \frac{13600 \cdot 4,03 \cdot \sin 55^\circ 24' \cdot 1,76 - 5000 \cdot 4,03 \cdot \sin 60^\circ 34' \cdot 2,03}{+ 136000 \cdot \sin 55^\circ 24' \cdot 1,76 + 50000 \cdot \sin 60^\circ 34' \cdot 2,03} = \\ &= \frac{239360 \cdot 0,56784 + 101500 \cdot 0,49141 - 96463 \cdot 0,82314 - 40905 \cdot 0,87093}{96462 \cdot 0,56784 + 40905 \cdot 0,49141 + 239360 \cdot 0,82314 + 101500 \cdot 0,87093} = \\ &= \frac{135918 + 49878 - 79403 - 35625}{54775 + 20101 + 197027 + 88399} = \frac{70768}{360302} = 0,19641, \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha_{\text{ბ2}} = 0,19641; \quad \Delta\alpha_{\text{ბ2}} = 11^\circ 7'.$$

მივიღეთ, რომ დატვირთული მთა-ის, ფერდობზე განივი მიმართულებით მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ, მობრუნების შემთხვევაში, როცა აგრეგატი იწვევს გადაბრუნებას ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე ტოლია  $11^\circ 7'$ .

$t_6$  დროის საპოვნელად, ვიყენებთ დატვირთული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას ფერდობზე განივი მიმართულებით მრუდწირული გადაადგილების დროს

$$I_{\Sigma x_0 x_0} \Delta \ddot{\phi}_6 = m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_6) r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_6) r_3 +$$

$$-G_4 \cos(\varphi'''_{40} + \Delta\varphi_6)r_4 - G_3 \cos(\varphi''_{30} + \Delta\varphi_6)r_3, \quad (109)$$

სადაც  $\Delta\varphi_6 - \Delta\alpha_{\beta_2}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დატვირთული მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება,  $1/\sqrt{m}^2$ ;

$\varphi'''_{40} - \Delta\alpha_{\beta_2}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

$$\varphi'''_{40} = \varphi_{40} + \Delta\alpha_{\beta_2} = 55^\circ 24' + 11^\circ 7' = 66^\circ 31';$$

$\Delta\varphi_6 - \Delta\alpha_{\beta_2}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე დატვირთული მთა-ის  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

$\varphi''_{30} - \Delta\alpha_{\beta_2}$  კუთხით დახრილ ფერდობზე მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას საწყისი მდგომარეობიდან  $x_0x_0$  ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

$$\varphi''_{30} = \varphi_{30} + \Delta\alpha_{\beta_2} = 60^\circ 34' + 11^\circ 7' = 71^\circ 41'.$$

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

$$G_4 \cos(\varphi'''_{40} + \Delta\varphi_{6\max})r_4 + G_3 \cos(\varphi''_{30} + \Delta\varphi_{6\max})r_3 = 0. \quad (110)$$

ტრანსცენდენტული განტოლების (110) გაწრფივებულ მოდელში გადაყვანის შემდეგ გვექნება

$$G_4 (\cos \varphi'''_{40} \cos \Delta\varphi_{6\max} - \sin \varphi'''_{40} \sin \Delta\varphi_{6\max})r_4 + G_3 (\cos \varphi''_{30} \cos \Delta\varphi_{6\max} - \sin \varphi''_{30} \sin \Delta\varphi_{6\max})r_3 = 0, \quad (111)$$

საიდანაც

$$tg \Delta\varphi_{6\max} = \frac{G_4 \cos \varphi'''_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi''_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi'''_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi''_{30} r_3}. \quad (112)$$

შევიტანოთ რიცხვითი მნიშვნელობები და მივიღებთ

$$tg \Delta\varphi_{6\max} = \frac{136000 \cdot \cos 66^\circ 31' \cdot 1,76 + 50000 \cos 71^\circ 41' \cdot 2,03}{136000 \cdot \sin 66^\circ 31' \cdot 1,76 + 50000 \sin 71^\circ 41' \cdot 2,03} = \frac{239360 \cdot 0,39848 + 101500 \cdot 0,31427}{239360 \cdot 0,91718 + 101500 \cdot 0,94933} = \frac{127278}{315893} = 0,40291.$$

$$tg \Delta\varphi_{6\max} = 0,40291; \quad \Delta\varphi_{6\max} = 21^\circ 57' ..$$

განტოლებიდან (109) შეგვიძლია დავწეროთ

$$\Delta\ddot{\varphi}_6 = \frac{1}{I_{\Sigma}x_0x_0} [m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_6)r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_6)r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40}'' + \Delta\varphi_6)r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30}'' + \Delta\varphi_6)r_3],$$

საიდანაც

$$\Delta\ddot{\varphi}_{6\max} = \frac{1}{I_{\Sigma}x_0x_0} [m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{6\max})r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{6\max})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40}''' + \Delta\varphi_{6\max})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_3] \frac{t_6^2}{2},$$

საიდანაც

$$t_6 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{6\max} \cdot I_{\Sigma}x_0x_0}{m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{6\max})r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{6\max})r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40}''' + \Delta\varphi_{6\max})r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30}'' + \Delta\varphi_{6\max})r_3}}, \quad (113)$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით განტოლებაში (113) მივიღებთ

$$t_6 = \sqrt{\frac{2 \cdot 21^\circ 57'}{13600 \cdot 4,03 \cdot \sin(55^\circ 24' + 21^\circ 57') \cdot 1,76 + 5000 \cdot 4,03 \sin(60^\circ 34' + 21^\circ 57') \cdot 2,03 - 88067 - 136000 \cdot \cos(66^\circ 31' + 21^\circ 57') \cdot 1,76 - 50000 \cdot \cos(71^\circ 41' + 21^\circ 57') \cdot 2,03}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,384 \cdot 88067}{96462 \cdot \sin 77^\circ 21' + 40905 \cdot \sin 82^\circ 31' - 239360 \cdot \cos 88^\circ 28' - 101500(-\sin 3^\circ 38')}} =$$

$$= \sqrt{\frac{67635}{96462 \cdot 0,97573 + 40905 \cdot 0,99148 - 239360 \cdot 0,02676 + 101500 \cdot 0,06337}} =$$

$$= \sqrt{\frac{67635}{94121 + 40556 - 6405 + 6432}} = \sqrt{\frac{67635}{134704}} = \sqrt{0,502} = 0,71 \text{ წმ.}$$

$$t_6 = 0,71 \text{ წმ.}$$

ამრიგად, მოა-ის განივი მიმართულებით მაქსიმალური სიჩქარით  $V = 2,84$  მ/წმ აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხე, რომელზედაც აგრეგატი იწყებს გადაბრუნებას ტოლია  $11^\circ 7'$ . ამ შემთხვევაში,  $t_6$  დრო გადაბრუნების დაწყები ს მომენტიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე ტოლია  $0,71$  წმ -ისა. აღსანიშნავია, რომ იგივე

პირობებში დაუტვირთავი მთა-ის განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხე  $\Delta\alpha_{\text{მთა}} = 12^{\circ}39'$ , რაც უმნიშვნელოდ  $- 1^{\circ}32'$  განსხვავდება დატვირთული მთა-ის განივი მდგრადობის ზღვრული კუთხისაგან.

## 2.4. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწვე- -საექსპლუატაციო გაანგარიშება

### 2.4.1. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის ჯალამბრის წვეის ძალის და სიმძლავრის განსაზღვრა

მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატით ( მთა) მთაგორიან ტყე-საკაფებზე ხე-ტყის მორთრევის -ტრანსპორტირების მექანიზებული ტექნოლოგიური პროცესის ოპერაციიდან ერთ -ერთი რთული ოპერაცია არის აგრეგატის ძარა -ისრის მექანიზმის და ჯალამბრის გამოყენებით მოჭრილი ხის ძარამდე მოთრევა, ტრაქტორისათვის მიუდგომელი ადგილებიდან [5-11].

მთა-ის ჯალამბრით მორთრევის პროცესის განსახორციელებლად პირველ რიგში ძარა გადაყავთ მიწაზე დაშვებულ მდგომარეობაში. ამის შემდეგ, ჯალამბრის საწვეი ბაგირით ხორციელდება მოჭრილი ხის აგრეგატამდე მოთრევა, ფერდობის დახრილ სიბრტყეზე ქვევიდან ზევით 90 მ -ის მანძილზე, რაც განპირობებულია აგრეგატის ჯალამბრის დოლის ბაგირტევადობით.

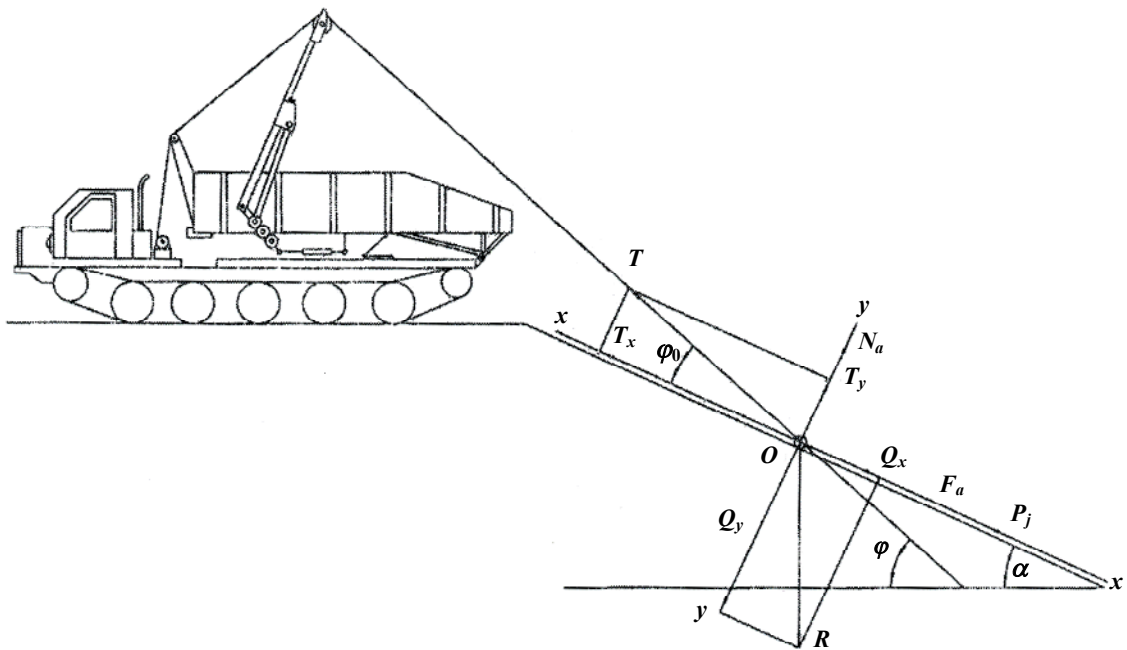
მთა-ის ჯალამბრით მორთრევის ოპერაციის განსახორციელებლად საჭირო წვეის ძალის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ საერთო - ზოგადი შემთხვევა, როცა სატვირთო ბაგირის მოძრაობის მიმართულება არ ემთხვევა ტვირთის გადაადგილების მიმართულებით (ნახ. 34). მივიღოთ, რომ ტვირთი გადაადგილდება ჰორიზონტალთან  $\alpha$  კუთხით დახრილ სიბრტყეზე, ამასთან, სატვირთო ბაგირი მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით და კუთხე ბაგირის მოძრაობის მიმართულებას და ტვირთის გადაადგილების მიმართულებას შორის  $\varphi_0 = \varphi - \alpha$ .

მთა-ის ჯალამბრით მორის მოთრევის დროს ტვირთის სიმძიმის ცენტრში მოდებული მოქმედი ძალებია: ტვირთის წონა  $Q$ ; საყრდენის რეაქცია  $N_a$  საყრდენზე ტვირთის მოძრაობით გამოწვეული ხახუნის ძალა  $F$ ; ტვირთის ინერციის ძალა  $P_j$  და წვეის ძალა  $T$ . ამ შემთხვევაში

წვეის ძალა  $T$  შეიძლება განვიხილოთ, როგორც მოძრავი საყრდენის რეაქციის ძალა და წვეის ძალის განსაზღვრისათვის ვისარგებლოთ ფორმულით:

$$T = Q \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha + \frac{a}{g}}{\cos(\varphi - \alpha) + \mu \sin(\varphi - \alpha)}, \quad (114)$$

- სადაც  $\mu$  – ტვირთის უძრავ საყრდენთან ხახუნის კოეფიციენტი;  
 $a$  – ტვირთის მოძრაობის აჩქარება;  
 $g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება;  
 $Q$  – ტვირთის – მოჭრილი ხის წონა;  
 $\alpha$  – ფერდობის დახრის, ანუ გზის აწვევის კუთხე;  
 $\varphi$  – კუთხე, რომელსაც ბაგირის მოძრაობის მიმართულება ადგენს ჰორიზონტალთან.



ნახ. 34. მთა-ის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის წვეის ძალის საანგარიშო სქემა

$\varphi_0 = \varphi - \alpha$  მცირე კუთხეებისათვის ბაგირის თანაბარი სიჩქარით მოძრაობის დროს, ტვირთის აჩქარება  $a$  უმნიშვნელოა და ინერციის ძალა  $P_j$  შეგვიძლია უგულებელვყოთ, ე.ი. მივიღოთ  $a = 0$ , მაშინ ფორმულა (114) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$T = Q \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos(\varphi - \alpha) + \mu \sin(\varphi - \alpha)}. \quad (115)$$

ფორმულაში (115) შემავალი სიდიდეების მაქსიმალური მნიშვნელობებისათვის მოჭრილი ხის ან შოლტის აგ რეგატამდე მოსათრევად საჭირო წვეის ძალა ტოლი იქნება:

$$T = 3000 \frac{0.6 \cos 20^\circ + \sin 20^\circ}{\cos(45^\circ - 20^\circ) + 0.6 \sin(45^\circ - 20^\circ)} = 3000 \frac{0.6 \cdot 0.93969 + 0.34202}{0.90631 + 0.6 \cdot 0.42262} = 2343 \text{ კგ.}$$

თუ ბაგირის და ტვირთის მოძრაობის მიმართულება თანხვედრილია, ე.ი.  $\varphi = \alpha$ , გვექნება:

$$T = Q(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 3000(0.6 \cdot 0.93969 + 0.34202) = 2718 \text{ კგ.} \quad (116)$$

იმ შემთხვევაში, როცა ფერდობის დახრის კუთხე  $\alpha = 0$  და  $\varphi - \alpha > 0$ , მივიღებთ:

$$T = Q \frac{\mu + \frac{a}{g}}{\cos \varphi + \mu \sin \varphi}. \quad (117)$$

აგრეგატის ანძასთან ტვირთის მიახლოებასთან ერთად იზრდება, როგორც  $\varphi_0$  კუთხე (ნახ. 35) ასევე ტვირთის გადაადგილების სიჩქარე; მაშასადამე, ტვირთი მოძრაობს ცვალებადი სიჩქარით – აჩქარებით, რომელიც ტოლია:

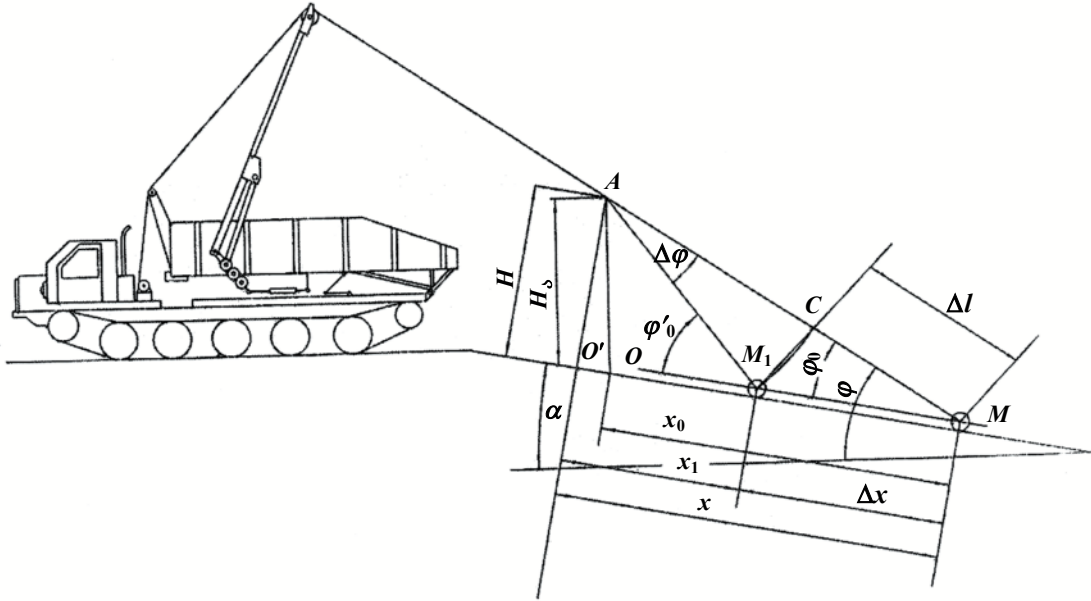
$$a = \frac{dV_{\delta}}{dt}. \quad (118)$$

ტვირთის სიჩქარის  $V_{\delta}$  განსაზღვრის დროს საჭიროა გავითვალისწინოთ რომ, თუ აგრეგატის ჯალამბრის ბაგირის მოძრაობის მიმართულება და ტვირთის გადაადგილების მიმართულება შეადგენს  $\varphi_0$  კუთხეს, მაშინ ტვირთის გადაადგილების სიჩქარე არ იქნება ტოლი აგრეგატის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის მოძრაობის სიჩქარისა.

დავუშვათ, რომ მანძილი აგრეგატის ანძის წვერზე ბლოკის დაკიდების  $A$  წერტილსა და ტვირთის მოძრაობის მიმართულებას შორის არის  $H$ , ხოლო მანძილი  $O'$  და  $M$  წერტილებს შორის –  $X$  (ნახ. 35), მაშინ  $AOM$  სამკუთხედიდან გვექნება:

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{H}{X}. \quad (119)$$

ვინაიდან, მიღებულ ტოლობაში  $X$  სიდიდე ცვალებადია, ხოლო



ნახ. 35. მთა-ის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირით მორთრეული ტვირთის სიჩქარის  $V_{\delta}$  და აჩქარების  $a$  – საანგარიშო სქემა

$H$  მუდმივი, ამიტომ  $\varphi_0$  კუთხეც იქნება ცვალებადი. დაუშვათ, რომ აგრეგატის ჯალამბრის საწვეი ბაგირის სიჩქარე  $V$  მუდმივია, მაშინ ძალიან მცირე დროის  $\Delta t$  მონაკვეთში ტვირთი გაივლის  $\Delta x$  მანძილს, ხოლო ბაგირი –  $\Delta l$ -ს, ამასთან  $\Delta l = AM - AC$ , ხოლო  $AC \cong AM_1$ ; ერთდროულად  $\varphi_0$  კუთხე გაიზრდება  $\Delta\varphi$  კუთხით  $\Delta\varphi = \varphi'_0 - \varphi_0$ .

ვინაიდან კუთხე  $\varphi_0$  ძალიან მცირეა, შეიძლება მივიღოთ, რომ  $M_1C$  პერპენდიკულარულია  $AM$ -ისა, მაშინ  $M_1MC$  მართკუთხა სამკუთხედიდან გვექნება:

$$\Delta l = \Delta x \cos \varphi_0.$$

გავყოთ მიღებული ტოლობის ორივე ნაწილი  $\Delta t$ .

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \cos \varphi_0, \quad (120)$$

სადაც  $\Delta t$  ტვირთის  $M$  წერტილიდან  $M_1$  წერტილში გადაადგილების დროა;

$\Delta t$ -ს ნულთან მიახლოების ზღვარზე გვექნება:

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} = V; \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = V_{\delta},$$

სადაც  $V$  ბაგირის სიჩქარეა, ხოლო  $V_{\delta}$  – ტვირთის სიჩქარე.

(120) ტოლობის თანახმად, გვექნება

$$V = V_{\delta} \cos \varphi_0, \text{ საიდანაც } V_{\delta} = \frac{V}{\cos \varphi_0}. \quad (121)$$

ყველა შემთხვევაში, როცა  $H > 0$ -ზე და  $\varphi > 0$ -ზე, ტვირთ ის გადაადგილების სიქარე მეტია ბაგირის მოძრაობის სიქარეზე.

ვინაიდან  $\varphi_0 = \varphi - \alpha$  გვექნება:

$$V_{\delta} = \frac{V}{\cos(\varphi - \alpha)}. \quad (122)$$

თუ მთა-ის ჯვალამბრის საწვევი ბაგირის მოძრაობის მაქსიმალური სიქარის მნიშვნელობა ტოლია 1,0 მ/წმ, მაშინ:

$$V_{\delta} = \frac{1,0}{\cos(45^\circ - 20^\circ)} = \frac{1,0}{0,90631} = 1,103 \text{ მ/წმ.}$$

ტვირთის გადაადგილების საშუალო სიქარეს მივიღებთ, თუ ფორმულაში (122) შევიტანთ  $\cos \varphi_0$ -ის მნიშვნელობას. ნახაზიდან 35 გვექნება:

$$\cos \varphi_0 = \frac{MC}{MM_1} = \frac{\Delta l}{\Delta x} = \frac{\sqrt{H^2 + X_2^2} - \sqrt{H^2 + X_1^2}}{X_2 - X_1},$$

სადაც  $MM_1 = X_2 - X_1$ ;  $MC = \Delta l = AM - AC$ ;

$$AM = \sqrt{H^2 + X_2^2}; \quad AC = AM_1 = \sqrt{H^2 + X_1^2};$$

ე.ი.  $MC = \sqrt{H^2 + X_2^2} - \sqrt{H^2 + X_1^2}.$

ამრიგად

$$V_{\delta, \text{საშ}} = \frac{V}{\cos \varphi_0} = \frac{(X_2 - X_1)V}{\sqrt{H^2 + X_2^2} - \sqrt{H^2 + X_1^2}}. \quad (123)$$

სადაც  $X_1$  და  $X_2$  ტვირთის მოძრაობის დაწყების და დამთავრების კოორდინატებია.

დახრილ სიბრტყეზე ტვირთის გადაადგილების დროს

$$H = H_s \cos \alpha = 4,5 \cdot \cos 20^\circ = 4,23 \text{ მ.}$$

სადაც  $H_s$  ანძის სიმაღლეა.

ფორმულის (123) მიხედვით გვექნება:

$$V_{\delta, \text{საშ}} = \frac{(90 - 5)1,0}{\sqrt{4,23^2 + 90^2} - \sqrt{4,23^2 + 5^2}} = 1,02 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}.$$



ტვირთის აჩქარების საანგარიშო ფორმულა მიიღებს შემდეგასხეს:

$$a = V \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} \right). \quad (124)$$

მოცემული სქემის მიხედვით (ნახ. 35)  $\cos \varphi_0 = \frac{X}{AM}$

$$AM = \sqrt{x^2 + H^2} = \sqrt{X^2 \left( 1 + \frac{H^2}{X^2} \right)} = X \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2};$$

$$\frac{1}{\cos \varphi_0} = \frac{1}{\frac{X}{AM}} = \frac{AM}{X} = \frac{X \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2}}{X} = \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2}.$$

მიღებულიდან გამომდინარე:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} \right) = \frac{d}{dt} \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2} = \frac{H}{X} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2} \frac{d}{dt} \left[ \frac{H}{X} \right].$$

თუ ტვირთის მოძრაობა დაიწყო აგრეგატის ანძიდან რომელიღაც

$C$  წერტილზე, მაშინ  $X = C - V_{\delta} t$  და  $\frac{dx}{dt} = -V_{\delta}$ .

ამ პირობის გათვალისწინებით გვექნება:

$$\frac{d \left( \frac{H}{X} \right)}{dt} = \frac{H}{X^2} V_{\delta} = \frac{HV}{X^2 \cos \varphi_0}.$$

აჩქარების ფორმულაში (124) მნიშვნელობების შეტანით მივიღებ:

$$\begin{aligned} a &= V \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} \right) = V \frac{H}{X} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2} \frac{d \frac{H}{X}}{dt} = V \frac{H}{X} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2} \frac{HV}{X^2 \cos \varphi_0} = \\ &= \frac{H^2 V^2}{X^2 \cos \varphi_0} \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2} = \frac{H^2}{X^2} \frac{1}{\cos \varphi_0} \frac{V^2}{X} \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2}. \end{aligned}$$

რადგანაც

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{H}{X} \quad \text{და} \quad \frac{1}{\cos \varphi_0} = \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2},$$

გვექნება

$$a = \frac{V^2}{X} \operatorname{tg}^2 \varphi_0 \sqrt{1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2} \left[ 1 + \left( \frac{H}{X} \right)^2 \right]^{-1/2}. \quad (125)$$

საბოლოოდ ტვირთის გადაადგილების აჩქარება შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$a = \frac{V^2}{X} \operatorname{tg}^2 \varphi_0. \quad (126)$$

ფორმულაში (126) თუ შევიტანთ სიდიდეების მნიშვნელობებს  $V = 1,0 \text{ მ/წმ}$ ,  $\varphi_0 = 25^\circ$  და

$$X = X_0 + H_s \sin \alpha = 5 + 4,5 \sin 20^\circ = 6,54 \text{ მ},$$

მაშინ

$$a = \frac{1}{6.54} 0,46631^2 = 0,033 \text{ მ/წმ}^2.$$

ანგარიშით მიღებული ტვირთის გადაადგილების აჩქარების სიდიდე  $0,033 \text{ მ/წმ}^2$  უმნიშვნელოა და აგრეგატის ჯალამბრის წვევის ძალის განსაზღვრის დროს შესაძლებელია უგულებელვყოთ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, იმ შემთხვევაში, როცა ფერდობის დახრის კუთხე  $\alpha = 0$  და  $\varphi - \alpha > 0$ , აგრეგატის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის წვევის ძალა ტვირთის უძრავ საყრდენთან სრიალის ხახუნის კოეფიციენტის  $\mu = 0,6$  მაქსიმალური მნიშვნელობის გათვალისწინებით იანგარიშება ფორმულით (117):

$$T = 3000 \frac{0,6 + (0,033 : 9,81)}{\cos 45^\circ + 0,6 \sin 45^\circ} = 1599 \text{ კგ.}$$

იმ შემთხვევაში, როცა  $\alpha = 0$  და ბაგირი მიმართულია ჰორიზონტალურად, ე.ი.  $\varphi = 0$ , მაშინ  $T = \mu Q = 0,6 \cdot 300 = 1800 \text{ კგ}$ , ხოლო ტვირთის ვერტიკალურად მა ღლა აწვევის დროს, ე.ი. როცა  $\alpha = 90^\circ = \varphi$ , გვექნება  $T = Q = 3000 \text{ კგ}$ .

მაშასადამე, ფორმულას (114) აქვს საერთო დანიშნულება და გამოიყენება აგრეგატის ჯალამბრის სატვირთო ბაგირის წვევის ძალის საანგარიშოდ, როგორც ტვირთის რომელიმე სახის საყრდენზე გადაადგილების დროს, ასევე ტვირთის ვერტიკალურად აწვევის შემთხვევაშიც.

ჩვენს მიერ განხილულ ყველა შემთხვევაში, აგრეგატს ჯალამბრის წვევის ძალის საანგარიშო ფორმულებში წვევის ძალის მიყენების წერტილი მიღებულია ტვირთთან უშუალო სიახლოვეზე. მთა-ის ჯალამბრის დოღზე მოდებული წვევის ძალის მისაღებად, აუცილებელია

გათვალისწინოთ, ტვირთსა და დოლს შორის განლაგებული ბლოკების წინააღმდეგობები. თითოეული ბლოკის მარგი ქმედების კოეფიციენტი არის  $\eta_0$ , ხოლო მათი რიცხვი  $n = 2$ -ს, მაშინ წვევის ძალა დოლზე ტოლი იქნება:

$$T_{\text{წ}} = \frac{T}{\eta_0^n}. \quad (127)$$

მთა-ის ჯალამბრით მუშაობის დროს (ნახ. 35) სატვირთო ბაგირი გადაადგილებს არა მარტო ტვირთს, არამედ გადალახავს ბაგირის საყრდენზე სრიალის ხახუნის წინააღმდეგობის  $P_0$  ძალას.

$$P_0 = \mu_0 L q_0 = 0,9 \cdot 90 \cdot 1,3 = 46,8 \text{ კგ}, \quad (128)$$

სადაც  $\mu_0$  – ბაგირის საყრდენზე სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი, 0,3-0,4;  $L$  – ბაგირის სიგრძე საყრდენთან შეხებაში;  $q_0$  – ერთი გრძივი მეტრი საწვევი ბაგირის წონა 1,3 კგ.

ყველა სახის წინააღმდეგობის გათვალისწინებით მთა-ის ჯალამბრის დოლზე მოსული წვევის ძალა ტოლია:

$$T_{\text{წ}} = \frac{T + P_0}{\eta^n} = \frac{2718 + 46,8}{0,95^2} = 3063 \text{ კგ}.$$

მთა-ის ჯალამბრის დოლზე მოდებული წვევის ძალის მიხედვით, რომელიც საჭიროა სატვირთო ბაგირის მოძრაობაში მოსაყვანად განისაზღვრება ამძრავის სიმძლავრე.

$$N = T_{\text{წ}} \frac{V}{75} = 3063 \frac{1,0}{75} = 40,8 \text{ ცხ/ძ},$$

სადაც  $\eta$  - გადამცემი მექანიზმების მ.ქ.კ. დოლის მ.ქ.კ.-ს ჩათვლით.

მთა-ის ჯალამბრის საწვევ-საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად ჩატარებული თეორიული გამოკვლევებიდან ირკვევა, რომ საწვევი ბაგირით მოთრეული მოჭრილი ხის ან შოლტის მოძრაობის სიჩქარე და აჩქარება, აგრევა ტის ისართან მიახლოების დროს უმნიშვნელოდ იცვლება და წვევის ძალის სიდიდეზე არსებით გავლენას არ ახდენს.

განსაზღვრულია ჯალამბრის საწვევ ბაგირზე მოდებული წვევის ძალის მნიშვნელობა, როგორც დოლამდე არსებული წინააღმდეგობების გათვალისწინების გარეშე, ასევე მათთან ერთად. ანგარიშით მიღებული

წვევის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით განსაზღვრულია ჯალამბრის ამძრავის სიმძლავრე.

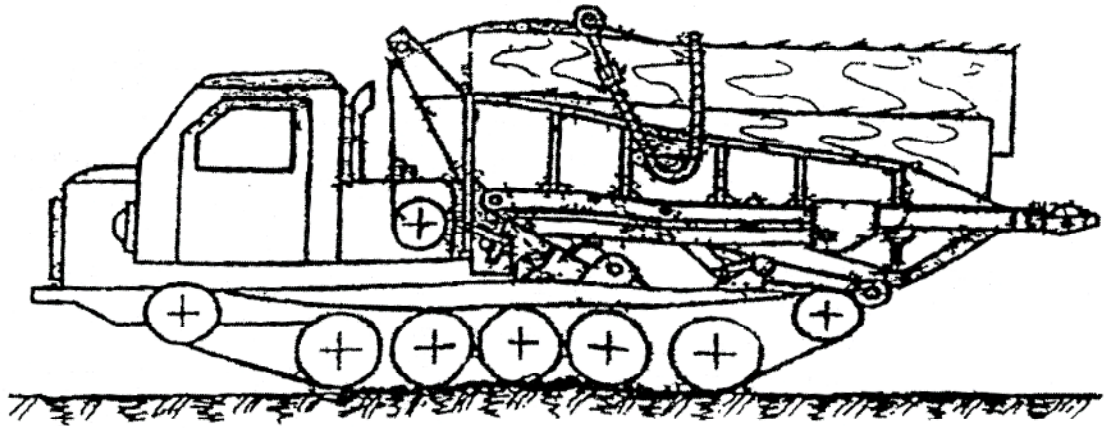
#### **2.4.2. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწვევ- -საექსპლუატაციო გაანგარიშების მეთოდთა მორთრევის სხვადასხვა ხერხის გამოყენების დროს**

ტყესაკაფზე, რელიეფური პირობებიდან გამომდინარე, განასხვავებენ აგრეგატებით და სხვა სატრანსპორტო მანქანა -დანადგარებით ტყის ტვირთების მორთრევის ის სამ ძირითად ხერხს (ნახ. 36 -39): პირველი ხერხის გამოყენების შემთხვევაში (ნახ. 36) ტვირთი მთლიანად განლაგებულია სატრანსპორტო მოწყობილობის ძარაზე; მეორე ხერხის გამოყენების შემთხვევაში (ნახ. 37, 38) განასხვავებენ: ა) ტვირთი ერთი ბოლოთი დევს სატრანსპორტო მოწყობილობის ძარაზე, მეორეთი - მისაბმელზე; ბ) ერთი ბოლოთი დევს სატრანსპორტო მოწყობილობის ძარაზე, მეორეთი - მიეთრევა მიწაზე; გ) ერთი ბოლოთი დაკიდებულია სატრანსპორტო მოწყობილობის ანძაზე, მეორეთი - მიეთრევა მიწაზე და ბოლოს მესამე ხერხის გამოყენების დროს (ნახ. 39): ა) ტვირთი მთლიანად მიბმულია დრეკადი მისაბმელით სატრანსპორტო მოწყობილობის კაკვზე და მიეთრევა ა მიწაზე; ბ) ტვირთი მთლიანად დევს სატრანსპორტო მოწყობილობის მისაბმელზე; გ) ტვირთი ერთი ბოლოთი დევს სატრანსპორტო მოწყობილობის მისაბმელზე და მეორეთი მიეთრევა მიწაზე.

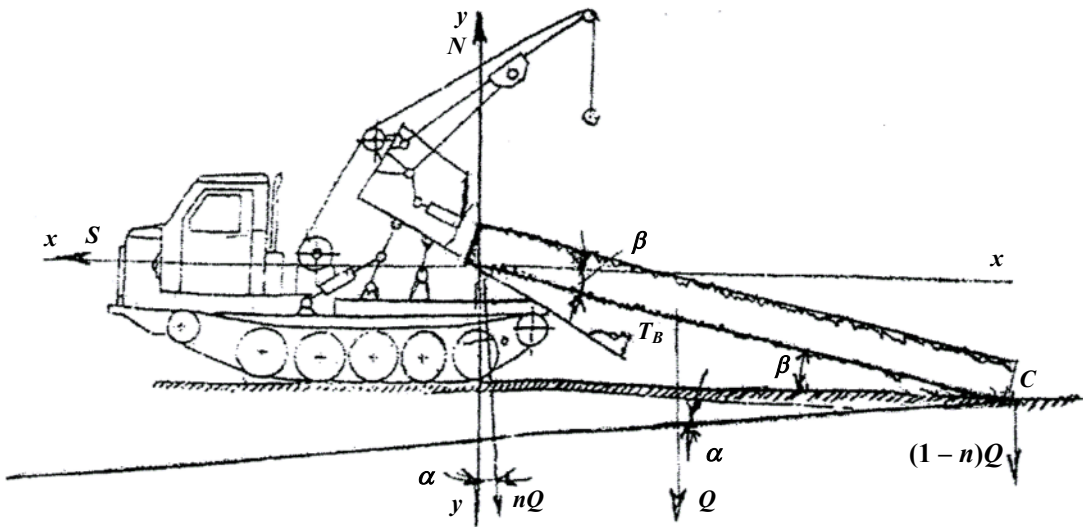
საქართველოს მთაგორიან პირობებში ტყესაკაფებზე ძირითადად გამოიყენება მუხლუხა ტრაქტორების მორთრევა ნახევრად დატვირთულ, ნახევრად დაკიდებულ და აგრეგატის ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

პირველი ხერხით ხე -ტყის მორთრევის დროს ძარაზე მოსული ტვირთის ნაწილის განმსაზღვრელი კოეფიციენტი  $n=1$  (ნახ. 36), მეორე ხერხის გამოყენების დროს  $0 < n < 1$  (ნახ. 37, 38), ხოლო მესამე ხერხის გამოყენების შემთხვევაში  $n=0$  (ნახ. 39).

წამყვანი სავალი თვლების და მუხლუხა ტრაქტორის წამყვანი ვარსკვლავის ფერსოებზე მოდებულია  $T_0$  წვევის ძალა იხარჯება



ნახ. 36. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა ძარაზე მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში



ნახ. 37. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა ძარაზე ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში

აგრეგატის თვითგადაადგილებების წინააღმდეგობის და ტვირთის გადაადგილების წინააღმდეგობის დაძლევა -გადალახვაზე. ამა სთან,  $T_0$  ძალის სიდიდე დამოკიდებულია წამყვანი თვლებების ფერსობების და მუხლუხების საყრდენთან ჩაჭიდების  $P_f$  ძალაზე, რომელიც ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევის დროს ტოლია:

$$P_f = (G_s + nQ)\omega_f = (13600 + 0,6 \cdot 8000)(0,2 \div 0,8), \quad (129)$$

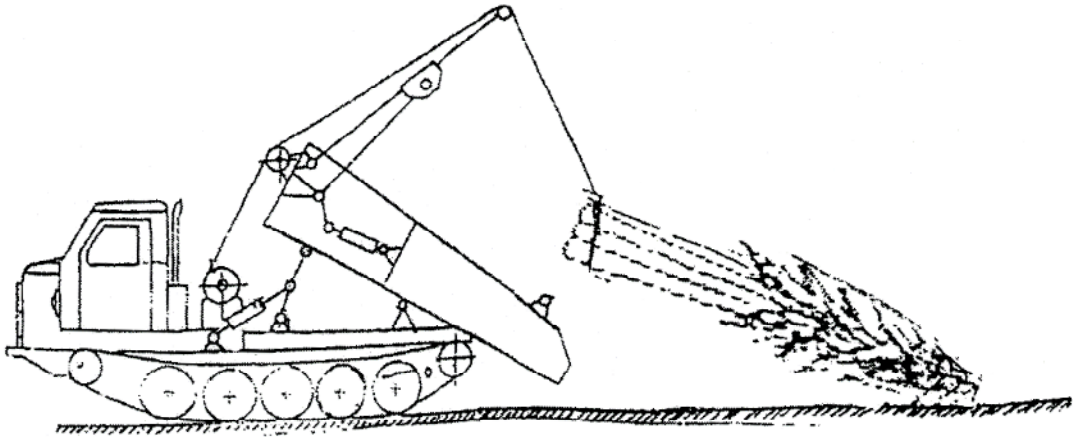
საიდანაც  $P_{fmin} = 3680$  კგ,  $P_{fmax} = 14720$  კგ,

სადაც  $G_s$  - აგრეგატით ჩამჭიდი წონა მოსული მუხლუხებზე, 13600 კგ;

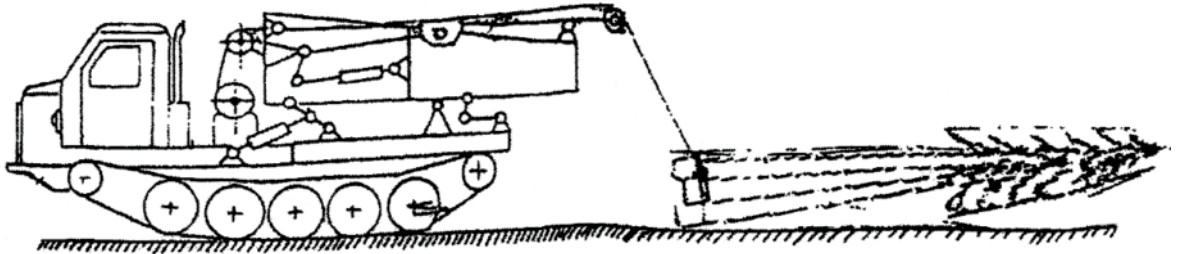
$Q$  - აგრეგატით გადასაადგილებელი ტვირთის საერთო წონა, 8000 კგ;

$n$  – აგრეგატის ძარაზე დადებული ტვირთის ნაწილის განმსაზღვრელი კოეფიციენტი 0,6;

$\omega_f$  – აგრეგატის გრუნტთან ჩაჭიდების კოეფიციენტი; მუხლუხა ტრაქტორებისათვის ზაფხულში 0,5  $\div$  0,8, ზამთარში 0,2  $\div$  0,4; თვლიანი ტრაქტორებისათვის ზაფხულში 0,3  $\div$  0,6, ზამთარში 0,3.



ნახ. 38. მთა-ის ხე-ტყის მორთრევა ისარზე ნახევრად დაკიდებულ მდგომარეობაში



ნახ. 39. მთა-ით ხე-ტყის მორთრევა მიწაზე მორთრევის მდგომარეობაში

მთა-ის მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში მორთრევის დროს გვექნება

$$P_f = (G_s + Q')\omega_f = (13600 + 5000)(0,2 \div 0,8),$$

საიდანაც  $P_{fmin} = 3720$  კგ,  $P_{fmax} = 14880$  კგ,

სადაც  $Q$  – მთა-ის ძარაზე დატვირთული ტვირთის წონა, აგრეგატის მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში, 5000 კგ.

მთა-ით ხე-ტყის მთლიანად მიწაზე მორთრევის დროს ჩაჭიდების ძალა ტოლია

$$P_f = G_s \omega_f = 13600(0,2 \div 0,8),$$

სადაც  $P_{\text{fmin}} = 2720$  კვ,  $P_{\text{fmax}} = 10880$  კვ.

ნორმალურ პირობებში მუშაობისათვის აუცილებელია შესრულდეს პირობა

$$P_f > T_0. \quad (130)$$

$T_0$  წვეის ძალა, რომელიც წარმოადგენს გადასაადგილებელი ტვირთის წონის განმსაზღვრელ საწყის სიდიდეს, იანგარიშება ფორმულით:

$$T_0 = \frac{750 \cdot N}{V} = \frac{750 \cdot 123,5}{0,625} = 14820 \text{ ნ}, \quad (131)$$

სადაც  $N$  – მუხლუხების წამყვან ვარსკვლავებზე მოდებული სიმძლავრე

$$N = N_{\text{ძრ}} \cdot \eta = 130 \cdot 0,95 = 123,5 \text{ ცხ.ძ} \quad (132)$$

სადაც  $N_{\text{ძრ}}$  –ძრავის ეფექტური სიმძლავრე, 130 ცხ.ძ;

$\eta$  –გადამცემი მექანიზმების მ.ქ.კ. 0,95;

$V$  – აგრეგატის მოძრაობის სიჩქარე, 2,25–9,75კმ/სთ, 0,625–2,17მწმ.

ამრიგად, ნაშრომში დამუშავებულია მეთოდიკები მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწვევ -საექსპლუატაციო გაანგარიშებისათვის.

#### 2.4.3. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის საწვევ-საექსპლუატაციო პარამეტრების განსაზღვრა

მთა-ის ფერდობის დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობის დროს, როცა  $\varphi = \alpha$  და  $a = 0$ , წინააღმდეგობის ძალა აგრეგატის გადაადგილებაზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$\begin{aligned} P_s &= G_s (\omega_s \cos \alpha \pm \sin \alpha) = 13600(0,2 \cos 20^\circ \pm \sin 20^\circ) = \\ &= 13600(0,2 \times 0,93969 \pm 0,34202), \end{aligned} \quad (133)$$

სადაც  $P_{\text{smax}} = 7027$  კვ,  $P_{\text{smin}} = -2096$  კვ.

სადაც  $\varphi$  –კუთხე აგრეგატის მოძრაობის მიმართულებასა და პორიზონტალს შორის;

$\alpha$  –გზის აწვევის კუთხე, 20°;

$a$  – აგრეგატის მოძრაობის აჩქარება;

$P_s$  – აგრეგატის წინააღმდეგობის ძალა მოძრაობაზე.

$\omega_s$  – საკაბდოზე აგრეგატის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი, იცვლება 0,08-დან 0,26-მდე წელიწადის დროზე, გზების მდგომარეობაზე და კიდევ რამდენიმე სხვა ფაქტორზე დამოკიდებულებით.

დახრილ სიბრტყეზე ტვირთის თრევით გადაადგილების დროს გვექნება:

$$P_{\delta} = Q(\omega_{\delta} \cos \alpha \pm \sin \alpha) = 8000(0.6 \cos 20^{\circ} \pm \sin 20^{\circ}), \quad (134)$$

სადაც  $\omega_{\delta}$  – საკაბდოზე ტვირთის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი მერყეობს დიდ ზღვრებში: 0,25დან 0,9-მდე. რეკომენდებულია ზაფხულში მივიღოთ 0,45  $\pm$  0,6, ზამთარში 0,3  $\pm$  0,35, ხოლო არასასურველ პირობებში (დრმა ფხვიერი თოვლი, რბილი მწებვარე გრუნტი) 0,8  $\pm$  0,9. მივიღოთ ტვირთის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი  $\omega_{\delta} = 0,6$ .

როგორც ურელსო -მაგისტრალური, ასევე რელსური ტრანსპორტისათვის დიდი აწევის კუთხეებში დაუშვებელია და კუთხის მცირე მნიშვნელობისათვის შეიძლება მივიღოთ  $\cos \alpha = 1$ , მაშინ გვექნება  $tg \alpha = \sin \alpha$ . შევცვალოთ  $tg \alpha$   $i$ -თი და მივიღებთ

$$P_s = G_s(\omega_s \pm tg \alpha) = G_s(\omega_s \pm i) = 13600(0.2 \pm tg 20^{\circ}) = 13600(0.2 \pm 0,36397), \quad (135)$$

საიდანაც  $P_{smax} = 7670$  კგ,  $P_{smin} = -2230$  კგ.

$$P_{\delta} = Q(\omega_{\delta} \pm i) = 8000(0,6 \pm tg 20^{\circ}), \quad (136)$$

საიდანაც  $P_{\delta max} = 7712$  კგ,  $P_{\delta min} = 1888$  კგ.

როცა  $\alpha = 0$

$$P_s = G_s \omega_s = 13600 \cdot 0,2 = 2720 \text{ კგ}, \quad (137)$$

$$P_{\delta} = Q \omega_{\delta} = 8000 \cdot 0,6 = 4800 \text{ კგ}. \quad (138)$$

ძალა აგრეგატის კაპზე, რომელიც გადაეცემა ტვირთს ტოლია:

$$T_j = T_0 - G_s \omega_s = 14820 - 13600 \cdot 0,2 = 12100 \text{ კგ}. \quad (139)$$

მთა-ის მუხლუხას წამყვანი ვარსკვლავების ფერსოებზე მოღებული მოძრაობის  $P_s$  წინააღმდეგობის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ საერთო შემთხვევა (ნახ. 37), როცა ტვირთის  $nQ$  ნაწილი დევს მთა-ის ძარაზე ან დაკიდებულია ანძაზე, ხოლო მეორე  $(1-n)Q$  მიეთრევა მიწაზე.



დავუშვათ, რომ შეკრულა გზის ზედაპირთან, რომელზედაც გადაადგილდება მთა ადგენს  $\beta$  კუთხეს (ნახ. 37). მთა-ზე ვერტიკალურ სიბრტყეში მოქმედებენ  $nQ$  და  $T_\beta$  ძალები, რომელთაგან მეორე განისაზღვრება ფორმულით:

$$T_\beta = nQ \frac{\omega_\delta \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \beta + \omega_\delta \sin \beta} = 0,6 \cdot 8000 \frac{0,6 \cos 20^\circ + \sin 20^\circ}{\cos 11^\circ 20' + 0,6 \sin 11^\circ 20'} = 3960 \text{ კგ.} \quad (140)$$

მთა-ის საყრდენზე  $nQ$  ტვირთით განვითარებული დაწოლის  $N_\beta$  ძალა განისაზღვრება ფორმულით (ნახ. 37).

$$N_\beta = nQ \cos \alpha + T_\beta \sin \beta = 0,6 \cdot 8000 \cdot \cos 20^\circ + 3960 \sin 11^\circ 20' = 5289 \text{ კგ.} \quad (141)$$

ტვირთზე გადაცემულ მოძებულ ძალა ანუ ტვირთის მოძრაობაში მოსაყვანად საჭირო წვევის ძალა, რომელიც გზის ზედაპირის პარალელურია, ტოლია:

$$S = T_\beta \pm nQ \sin \alpha = 3960 \cdot \cos 11^\circ 20' \pm 0,6 \cdot 8000 \cdot \sin 20^\circ = 3883 \pm 1642, \quad (142)$$

საიდანაც

$$S_{\max} = 5525 \text{ კგ,} \quad S_{\min} = 2241 \text{ კგ.}$$

ტვირთის მთა-ით გადაადგილებაზე საჭირო წვევის ძალა იანგ არიშება ფორმულით

$$P_\delta = N_\beta \omega_\delta + S \text{ კგ,} \quad (143)$$

$$P_{\delta \max} = 5989 \cdot 0,6 + 5525 = 8698 \text{ კგ,}$$

$$P_{\delta \min} = 5289 \cdot 0,6 + 2241 = 5414 \text{ კგ.}$$

ტვირთის  $P_\delta$  და აგრეგატის  $P_s$  მოძრაობის ჯამური წინააღმდეგობის ძალა ტოლია:

$$P = P_\delta + P_s = N_\beta \omega_\delta + S + G_s (\omega_s \pm i) \text{ კგ.} \quad (144)$$

ფორმულაში (144)  $N_\beta$  და  $S$  მნიშვნელობების შეტანის შემდეგ, რომლებიც გამოსახულია  $T_\beta$ -თი, როცა  $\cos \alpha = 1$ , მუხლებების წამყვანი ვარსკვლავების ფერსობზე მოდებული ტვირთის და აგრეგატის გადაადგილებაზე ჯამური წინააღმდეგობის ძალის საანგარიშო ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P = (nQ \cos \alpha + T_\beta \sin \beta) \omega_s + T_\beta \cos \beta \pm nQ \sin \alpha + G_s (\omega_s \pm i) =$$

$$\begin{aligned}
&= nQ \cos \alpha \omega_s + Q \frac{\omega_\delta \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \beta + \omega_\delta \sin \beta} \sin \beta \omega_\delta + \\
&+ Q \frac{\omega_\delta \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \beta + \omega_\delta \sin \beta} \cos \beta \pm nQ \sin \alpha + G_s (\omega_s \pm i) = \\
&= nQ \omega_s + Q \frac{\omega_\delta + i}{\cos \beta + \omega_\delta + \sin \beta} \sin \beta \omega_s + \\
&+ Q \frac{\omega_\delta + i}{\cos \beta + \omega_\delta + \sin \beta} \cos \beta \omega_s \pm nQi + G_s \omega_s + G_s i. \tag{145}
\end{aligned}$$

მათემატიკური გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

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

საიდანაც

$$P_{\max} = 12229 \text{ კვ}, \quad P_{\min} = -1167 \text{ კვ},$$

მიახლოებითი ანგარიშის დროს შეიძლება მივიღოთ:

$$\frac{\omega_s}{\operatorname{ctg} \beta + \omega_\delta} + \frac{1}{1 + \omega_\delta + \operatorname{tg} \beta} = 1, \tag{146}$$

მაშინ მთა-ის მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალა ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში (ნახ. 37) ტოლი იქნება:

$$\begin{aligned}
P &= (G_s + nQ) + (\omega_s \pm i) + (1-n)Q(\omega_\delta + i) = (13600 + 0,6 \cdot 8000)(0,2 \pm \operatorname{tg} 20^\circ) + \\
&+ (1 - 0,6) \cdot 8000 \cdot (0,6 + \operatorname{tg} 20^\circ), \tag{147}
\end{aligned}$$

საიდანაც

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

ნახევრად დაკიდებულ მდგომარეობაში (ნახ. 38) ტვირთისა და მთა-ის წინააღმდეგობის ძალა შეიძლება ვიანგარიშოთ ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში ტვირთისა და მთა-ის მოძრაობის წინააღმდეგობის დაძლევაზე საჭირო ძალის (147) ფორმულით.

მთა-ის მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში მოძრაობის

წინააღმდეგობის ძალის საანგარიშო ფორმულას (ნახ. 36), როცა  $n=1$ , ექნება შემდეგი სახე:

$$P = (G_s + Q)(\omega_s \pm i) = 18600(0.2 \pm 0,36397), \quad (148)$$

საიდანაც

$$P_{\max} = 10490 \text{ კვ}, \quad P_{\min} = -3050 \text{ კვ}.$$

თუ მთავრით ტვირთი გადაადგილება მთლიანად მიწაზე ტრეკით (ნახ. 39), ე.ი.  $n=0$ , გვექნება:

$$P = G_s(\omega_s \pm i) + Q(\omega_\beta \pm i) = 13600(0.2 \pm tg 20^\circ) + 8000(0,6 \pm tg 20^\circ), \quad (149)$$

საიდანაც

$$P_{\max} = 15382 \text{ კვ}, \quad P_{\min} = -5482 \text{ კვ}.$$

თუ ტვირთის ნაწილი დევს მისაბმელზე და არ ეტრევა მიწაზე, მაშინ კუთხე  $\beta=0$  და მისაბმელის წონის  $G_\beta$  და მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი  $\omega_\beta$  გათვალისწინებით (147) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\begin{aligned} P &= (G_s + nQ)(\omega_s \pm i) + [(1-n)Q + G_\beta](\omega_\beta \pm i) = \\ &= (13600 + 0.6 \cdot 8000)(0,2 \pm 0,36397) + [(1-0,6)8000 + 500](0,1 \pm 0,36397), \end{aligned} \quad (150)$$

საიდანაც

$$P_{\max} = 18400 \cdot 0,564 + 3700 \cdot 0,464 = 12095 \text{ კვ},$$

$$P_{\min} = 18400(-0,164) + 3700(-0,264) = -3995 \text{ კვ},$$

სადაც  $G_\beta$  – მისაბმელის წონა, 500 კვ;

$\omega_\beta$  – მისაბმელის მოძრაობაზე წინააღმდეგობის კოეფიციენტი მივიღოთ 0,1.

ტვირთის მთლიანად მისაბმელზე გადატანის შემთხვევაში გვექნება:

$$\begin{aligned} P &= G_s(\omega_s \pm i) + (G_\beta + Q_1)(\omega_\beta \pm i) = \\ &= 13600(0,2 \pm tg 20^\circ) + (500 + 2000)(0,1 \pm tg 20^\circ), \end{aligned} \quad (151)$$

საიდანაც:

$$P_{\max} = 13600 \cdot 0,564 + 2500 \cdot 0,464 = 8830 \text{ კვ},$$

$$P_{\min} = 13600(-0,164) + 2500(-0,264) = -2890 \text{ კვ}.$$

ამასთან, ტვირთის გადაადგილების უზრუნველყოფის დასაკმაყოფილებლად გვექნება,  $P_\beta > T_0 > P$ .

თუ მივიღებთ, რომ  $T_0 = P$ , მაშინ ფორმულებიდან შეიძლება ვიპოვოთ ტვირთის დასაშვები წონის მნიშვნელობები, მთა-ით ხე-ტყის სხვადასხვა ხერხით მორთრევის დროს, რომლებიც საჭიროა მთა-ის მწარმოებლურობის განსაზღვრისათვის.

აგრეგატის მწარმოებლურობის განსაზღვრისათვის საჭირო ტვირთის წონის მოსაძებნად ნახევრად დატვირთულ და ნახევრად დაკიდებულ მდგომარეობაში ხე-ტყის მორთრევის დროს ვისარგებლოთ ფორმულით:

$$T_0 = (G_s + nQ)(\omega_s \pm i) + (1-n)Q_2(\omega_\delta + i),$$

საიდანაც

$$Q_2 = \frac{T_0 - G_s(\omega_s \pm i)}{n(\omega_s + i) + (1-n)(\omega_s + i)} = \frac{14820 - 13600(0,2 \pm tg20^\circ)}{0,6(0,2 + tg20^\circ) + (1-0,6)(0,6 + tg20^\circ)}, \quad (152)$$

საიდანაც:

$$Q_{2max} = 10005 \text{ კგ}, \quad Q_{2min} = 9876 \text{ კგ}.$$

მთა-ით ტვირთის მოღიანად თრევით გადაადგილების დროს (149) ფორმულიდან გვაქვს:

$$T_0 = G_s(\omega_s \pm i) + Q_3(\omega_\delta + 1),$$

საიდანაც

$$Q_3 = \frac{T_0 - G_s(\omega_s \pm i)}{\omega_\delta + 1} = \frac{14820 - 13600(0,2 \pm tg20^\circ)}{0,6 + tg20^\circ} = 7504 \text{ კგ}, \quad (153)$$

საიდანაც:

$$Q_{3max} = 17687 \text{ კგ}, \quad Q_{3min} = 7417 \text{ კგ}.$$

მოღიანად დატვირთულ მდგომარეობაში გვაქვს:

$$T_0 = (G_s + Q_4)(\omega_s \pm i);$$

$$T_0 - G_s(\omega_s + i) = Q_4(\omega_s + i).$$

საიდანაც

$$Q_4 = \frac{T_0 - G_s(\omega_s + i)}{\omega_s + i} = \frac{14820 - 13600 \cdot 0,56}{0,56} = 12864 \text{ კგ}. \quad (154)$$

აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ ის გარემოება, რომ  $T_0$  და  $Q$ -ს განსაზღვრის დროს აგრეგატის დაძვრის მომენტში მოძრაობაზე წინააღმდეგობა  $1,5 \div 2,5$ -ჯერ მეტია, ვიდრე მუდმივი სიჩქარით მოძრაობის დროს.

მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მწარმოებლურობის განსაზღვრის მიზნით, დადგენილია, აგრეგატი გადასატანი ტვირთის მაქსიმალური წონა, რისთვისაც მორსათრევის სამივე ხერხისათვის განსაზღვრულია აგრეგატის გადაადგილებაზე წინააღმდეგობის ძალები.

## 2.5. ექსპერიმენტული ნაწილი

### 2.5.1. გარემოზე მანქანა-დანადგარებით ხე-ტყის მორსათრევის უარყოფითი ზეგავლენის კვლევა

ტყის რესურსების კვლავწარმოების ძირითადი ფაქტორი, მთიანი რელიეფის თავისებურებების გათვალისწინებით, ტყის ბუნებრივი განახლებაა. ნებით -ამორჩევითი ჭრების მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს: აღმონაცენის, მოზარდის, ზეხემდგომი ხეების, ნიადაგის საფარის დაცვა და შენარჩუნება. ამ თვალსაზრისით ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ტყეების ეკოლოგიური მდგომარეობის ოპტიმალური შეფასებისათვის, გამოკვლეული იქნა წინა წლების ჭრაგავლილი ტყეკაფები, სადაც ხე-ტყის ტრანსპორტირება ხორციელდებოდა: მიწაზე თრევით, ნახევრად დატვირთულ და მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაშიამ მიზნებისათვის გამოყენებული იყო მორსათრევი ტრაქტორი TT-4 და თვლიანი ტრაქტორი T-157 [5-20].

გამოკვლეული იქნა ძველი არსებული სატრაქტორო მორსათრევი, მოუხრეშავი სატრაქტორო გზები და საბაგირო მორსათრევი დანადგარების ტრასები შემდეგი თანმიმდევრობით:

- ობიექტების ვიზუალური გამოკვლევა და აღწერა;
- ფერდობის დახრილობის გაზომვა ეკლიმეტრით;
- ეროზიისაგან დაზიანებული ფართობების გაზომვა;
- მორსათრევი გზებზე და საბაგირო ტრასებზე მოზარდის აღრიცხვა (ცალი/მ<sup>2</sup>);
- ჯიშთა შემადგენლობა ტყის განახლებისას (ჯიშთა ცვლა).

ჭრაგავლილი ფართობების გამოკვლევის შედეგად შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

– სატრაქტორო მორსათრევი გზები აღმოჩნდა არასაიმედო მდგომარეობაში, რომლებზედაც მორთრევა ხორციელდებოდა მიწაზე თრევიტ TT-4 ტრაქტორის საშუალებით. ამ შემთხვევაში, შოლტის ტორსი ხნავს ნიადაგს და აშკარად ქმნის ეროზიის გამომწვევ კერებს;

– ნაკლებად ზიანდება სატრაქტორო გზა, როდესაც მორთრევა ხორციელდება ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში ტრაქტორით TT-4, თუმცა ეს ხერხიც არ არის სრულყოფილი ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ვინაიდან კაწრავს ზეზემდგომ ხეებს და ნაწილობრივ სპობს აღმონაცენს და მოზარდს.

აღნიშნულთან დაკავშირებითანგარიშით დადგენილია სატრაქტორო გზის ყოველი კილომეტრი, როგორც დახრამკისა და ეროზიის კერა, საშუალოდ 4100 მ<sup>3</sup> გრუნტის გამოტანასთან არის დაკავშირებული.

ტყესაკაფებზე გამოყოფილ სპეციალურ საცდელ ფართობებზე, სადაც შოლტების მორთრევა თვლიანი ტრაქტორის და ტრაქტორ TT-4-ის ჯალამბრით ხდებოდა, აღრიცხული იქნა დაზიანებული აღმონაცენის, მოზარდის და ზეზემდგომი ხეების შემდეგი რაოდენობა (ვიზუალური დაკვირვებით) 1 00 მ-ის სიგრძეზე, შესაბამისად 35, 22, 10 ძირი და აგრეთვე ნიადაგის საფარის შესამჩნევი დაზიანება.

გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ჯალამბრით შოლტების მორთრევა ეკოლოგიური თვალსაზრისით დიდ ზიანს აყენებს ტყის ნამატს.

გზის ზედაპირის დაზიანება დაკვალით მოწმდებოდა შემდეგნაირად: ტრასის 6 საპიკეტაჟო წერტილში გაზომილი იქნა და დადგინდა, კვლების საშუალო ჩაღრმავება მშრალი ამინდის დროს და წვიმების შემდეგ, მუხლუსა TT-4-ის და თვლიანი T-157 ტრაქტორების ნაკვალებზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ნაკვალების საშუალო ჩაღრმავების მნიშვნელობები მშრალ ამინდში და წვიმის შემდეგ

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

გარდა ამისა, ვიზუალურად დადგენილია, რომ მორსათრევე გზაზე, სადაც მოძრაობდა თვლიანი ტრაქტორი წვიმის შემდეგ წარმოიშვა სამი ღრმა კვალი, ორი თვეზე ბისაგან და ერთი მათ შუაში შოლტისაგან, ხოლო მუხლუხებიანი ტრაქტორის მოძრაობის დროს ერთი ღრმა კვალი შოლტისაგან.

თვლებისაგან წარმოქმნილი ორი კვალი ხელს უწყობს ეროზიული პროცესების წარმოქმნას, რაც დამოკიდებულია ნიადაგის ისეთ მაჩვენებლებზე, როგორცაა მათი გრანულო მეტრული შემადგენლობა, ტენიანობა, პლასტიკურობა, სიმკვრივე და ა.შ.

ამასთან, მორსათრევი გზის ექსპლუატაციის შემთხვევაში, მკვეთრად იხატება გარკვეული კანონზომიერება -ტენიანობის მატებისას გრუნტის სიმკვრივე კლებულობს, ე.ი. ზედმეტი წყალი წვიმების სახით ხელს უწყობს გზებზე ეროზიული პროცესების განვითარებას შოლტების მორთრევის დროს.

ამრიგად, ნათელია, რომ მუხლუხა ტრაქტორით ხე-ტყის დატვირთულ მდგომარეობაში ტრანსპორტირების დროს მორსათრევი გზის, ანუ საკაბდოს დაკვაღვა, შემდგომი ეროზიული პროცესების განვითარებით პრაქტიკულად გამოირიცხულია.

მორთრევის გამოკვლევამ ორ სხვადასხვა ვარიანტში დატვირთულ მდგომარეობაში: მუხლუხა ტრაქტორით და თვლებისანი ტრაქტორით გვიჩვენა, რომ პირველ ვარიანტში კვალწარმოქმნა თითქმის გამორიცხულია, თუ არ ჩავთვლით უმნიშვნელო კვალს წვიმიან ამინდში, ხოლო მეორე შემთხვევაში რჩება ორი კვალი, თვლებისაგან წყალგამტარობის გაუარესებული მაჩვენებლებით. მაშასადამე, იქმნება ნიადაგის ეროზიული პროცესის ხელშემწყობი პირობები.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარე, ჩამოყალიბებული აზრი იმის შესახებ, რომ მუხლუხა ტრაქტორებით მორთრევის წარმოება ეკოლოგიურად არ არის გამართლებული, მცდარია. ასევე, ეკოლოგიურად არ არის გამართლებული მორებისა და შოლტების მორთრევა მიწის ზედაპირზე, იქნება ეს მუხლუხა თუ თვლიანი ტრაქტორებით განხორციელებული, რადგანაც თვლიანი ტრაქტორებით ხე-ტყის მიწაზე თრევის ზიანი ორმაგია – ბორბლებით და შოლტებით.

კვლევებმა მიგვიყვანა აღნიშნული საკითხის ახლებურად განხილვის აუცილებლობა ამდენ, რაც იმას ნიშნავს, რომ სამთო პირობებში ტყე საკაფზე ხე-ტყის მორთრევა უნდა ხორციელდებოდეს მუხლუხა ტრაქტორებით მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ჩვენს მიერ ჩატარებულ კვლევები და დაკვირვებები, აგრეთვე პრაქტიკული გამოცდილება გვაძლევს იმის უფლებას, რომ გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები და წარმოვადგინოთ რეკომენდაციები:

– მუხლუხა ტრაქტორებით ხე-ტყის მორთრევა აზიანებს ტყის გარემოს, მოჭრილი ხეების, შოლტების და მორების მიწის ზედაპირზე მორთრევის დროს;

– ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში ხე-ტყის მორთრევა უკეთესია ვაწარმოთ მუხლუხა ტრაქტორების გამოყენებით. ამ შემთხვევაში, როგორც დაკვირვებებმა და ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, კვალწარმოქმნის ალბათობა და ეროზიის დაწყება, ყველა სხვა სახეობის მორთრევა სთან შედარებით, მინიმუმ ორჯერ მცირდება;

– ხე-ტყის მორთრევის ოპტიმალური ვარიანტი, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, არის მუხლუხა ტრაქტორებით მორთრევა მთლიანად დატვირთულ მდგომარეობაში, აგრეთვე ჩვეულებრივი საბაგირო დანადგარების და განსაკუთრებით განიგადასატანი მორსათრევი საბაგირო დანადგარების გამოყენებით.

## **2.5.2. მოდერნიზებული მთა-ის ჩამოცურებაზე ფერდობის კრიტიკული კუთხის, ნიადაგის სიმკვრივის კოეფიციენტის და გადაადგილებაზე შუბლა წინააღმდეგობის განსაზღვრა**

საქართველოს ტყის ფართობების 50% -ზე მეტი დაფარულია გრუნტებით, რომლებიც არასასურველია ხე-ტყის დამამზადებელი თვითმავალი ტექნიკის გადასადგილებლად. აქედან გამომდინარე, ტყესაზიდი გზების მშენებლობა და ტყის საჭრელი, მორსათრევი და ხე-ტყის სატრანსპორტო მანქანების მაღალი გამავლობა, აგრეთვე მდგრადობა ჩამოცურებაზე, მათი გრძივ და განივ მდგრადობასთან ერთად, წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად წინაპირობას ხე-ტყის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის უსაფრთხოდ წარმოებისათვის.



მთა-ის განივი (გვერდითი) ჩამოცურება ნიადაგზე განისაზღვრება მასზე მოქმედი ყველა ძალების ტოლობიდან, რომლებიც გეგმილდებიან სავალი გზის პარალელურ დერძზე (ნახ. 40).

$$C_g \sin \alpha + P'_G = Z_1 + Z_2, \quad (155)$$

სადაც  $G_g$  – მთა-ის საექსპლუატაციო მასა;

$P'_G$  – რეზულტირებული ცენ ტრიდანული ძალის  $P_G$  კორიზონტალური მდგენელი

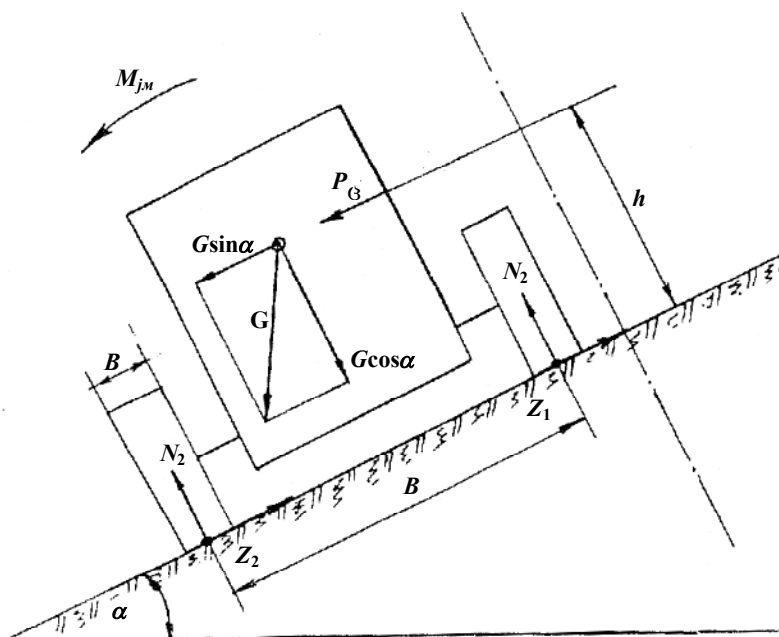
$$P'_G = P_G \cos \alpha = G_g \frac{j}{g} \cos \alpha, \quad (156)$$

სადაც  $j$  – აგრეგატის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$\alpha$  – ფერდობის აწევის კუთხე, გრადუსი;

$Z_1$  და  $Z_2$  – მთა-ის სავალ ნაწილზე მოქმედი ნიადაგის რეაქციები მიმართული ქანობის ზედაპირის პარალელურად, კნ.



ნახ. 40. ტრაქტორის სავალ ნაწილზე (მუხლუხაზე) მოქმედი ძალების სქემა

მთა-ის ქანობზე ჩამოცურებასთან დაკავშირე ბით, საინტერესოა მისი განივი მიმართულებით ჩამოცურების მდგრადობაზე სტატიკური კრიტიკული კუთხის განსაზღვრა. მთა-ზე მოქმედი ძალების ტოლობას, ამ შემთხვევაში აქვს შემდეგი სახე:

$$G_{\text{გ}} \sin \alpha = Z_1 + Z_2 . \quad (157)$$

ნიადაგის  $Z_1$  და  $Z_2$  რეაქციები განისაზღვრება ფორმულით

$$(Z_1 + Z_2)_{\text{max}} = G_{\text{გ}} \rho \cos \alpha , \quad (158)$$

სადაც  $\rho$  – მთა-ის სავალი ნაწილის ნიადაგთან ჩაჭიდებისკოეფიციენტი.

(157) ფორმულაში მნიშვნელობების შეტანით, მივიღებთ

$$G_{\text{გ}} \sin \alpha \leq G_{\text{გ}} \rho \cos \alpha ,$$

ანუ

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \rho . \quad (159)$$

მაშასადამე, მთა-ის სტატიკური მდგრადობა ჩამოცურების წინააღმდეგ დამოკიდებულია მუხლუხას ნიადაგთან ჩაჭიდებაზე და მისი მდგრადობისათვის საჭიროა ქანობის დახრის კუთხის ტანგენსი ნაკლები იყოს ჩაჭიდების  $\rho$  კოეფიციენტზე.

მოძრაობის მდგრადობის ჩამოცურების პირობას (155) ფორმულიდან გამომდინარე, ექნება შემდეგი სახე

$$G_{\text{გ}} \sin \alpha \leq G_{\text{გ}} \rho \cos \alpha - G_{\text{გ}} j / g \cos \alpha ,$$

ანუ

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \rho - j / g .$$

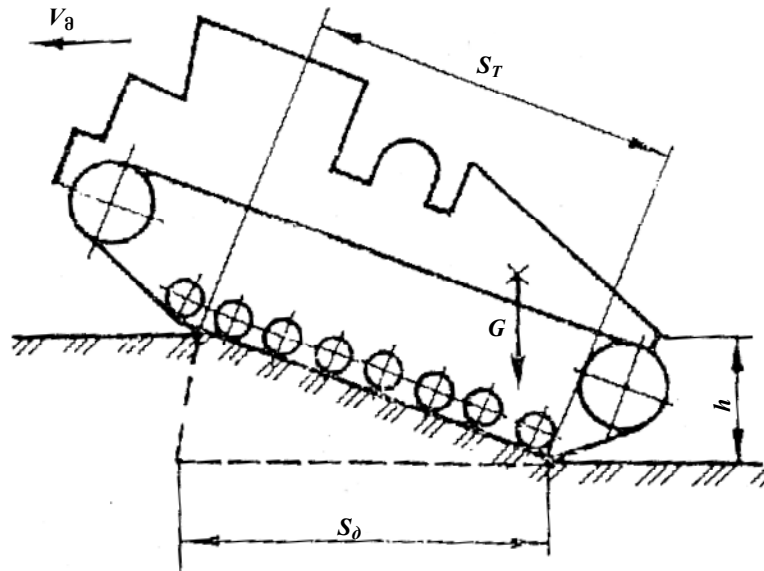
ჩაჭიდების კოეფიციენტის  $\rho$  და ჩამოცურების მდგრადობაზე ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის დასადგენად, ამბროლაურის სატყეოში ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე, ეკლიმეტრის გამოყენებით (იზომებოდა ქანობის დახრის კუთხე), ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდებში (ქანობის დახრის კუთხის შერჩევით თანდათანობითი მატების გზით, სანამ მუხლუხები დაიწყებენ სრიალს) დადგენილი იქნა მუხლუხა 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:  $\rho = 0,3 - 0,5$  და  $\rho = 0,4 - 0,8$ .

გამოცდილება და ექსპერიმენტული გამოკვლევები გვიჩვენებენ, რომ ლიანდის სიღრმე დამოკიდებულია გრუნტის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე, საყრდენი მასივის მორფოლოგიურ თავისებურებებზე, სავალი აპარატის ზომებზე და კონსტრუქციაზე, გრუნტის დამტვირთავი გარე ძალების სიდიდეზე და აგრეთვე მრავალ სხვა ფაქტორზე.

ერთდროულად გარე ფაქტორების დიდი რაოდენობით ზეგავლენა ართულებს ლიანდის წარმოქმნის მათემატიკური ანალიზის საფუძველზე აღწერის საშუალებას და გვაიძულებს განვიხილოთ ეს პროცესი უბრალო სავალი აპარატის გრუნტთ ან ურთიერთქმედების მაგალითზე, რომელსაც წარმოადგენს მუხლუხა ტრაქტორის მრ ავალსაგორავიანი მაძრავი (ნახ. 41).

წამყვანი თვლის მიერ  $S_T$  სიგრძის მუხლუხა ლენტის უბნის გადახვევის დროს მანქანა წინ გადაადგილდება  $S_0$  მანძილზე და წარმოქმნის  $h$  სიღრმის ლიანდს.  $S_0$  მანძილზე გრუნტის ვერტიკალური დეფორმაციის მუშაობა გამოითვლება ფორმულით

$$A = b S_D \int_0^h q dh.$$



ნახ. 41. მუხლუხა ტრაქტორით ლიანდის წარმოქმნის სქემა

მუშაობა  $A$  ტოლია ბრტყელი ტვიფარით გრუნტის დეფორმაციის მუშაობისა, რომლის სიგანეა  $b$ , სიგრძე  $S_0$ , რომელიც ჩაიწნეება გრუნტში  $h_0$  სიღრმეზე.

მთლიანი ტანებისაგან განსხვავებით ისეთი დისპერსიული მასალები, როგორცაა გრუნტები და თოვლი, შედგებიან ცალკეული მყარი ნაწილაკებისაგან, ერთმანეთთან დაკავშირებული ხახუნის, მოლეკულარული მიზიდულობის და სხვა ძალებით. ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაწილაკების გადალახვა შეადგენს გრუნტის ჩონჩხს.

მცირე ნაწილაკების დროს, სანამ ლოკალური დაძაბულობები აჭარბებენ კავშირების სიმტკიცის ზღვარს მყარი ნაწილაკების შეზღუდული რიცხვის კონტაქტების ადგილებში, გრუნტის ჩონჩხი პრაქტიკულად არ ირღვევა და მისი დეფორმაცია დასაშვებია ადვილწეროთ ხაზოვანი განტოლებით

$$h = a_B q,$$

სადაც  $a_B$  – გრუნტის ხაზოვანი დეფორმაციის კოეფიციენტი.

გრუნტების მექანიკაში აღნიშნულია, რომ გრუნტის ხაზოვანი დეფორმაციის კოეფიციენტი დამოკიდებულია გრუნტის დეფორმაციის პირობებზე. გრუნტის თხელი ფენების შეკუმშვის დროს ნაწილაკების დაძვრის დეფორმაციები გვერდითი მხარეებისაკენ ძალიან მცირეა და გრუნტი განიცდის ყოველმხრივ კუმშვას. შემკვრივების დეფორმაციის ხაზოვან მდგენელს ახასიათებს კოეფიციენტი

$$a_y = \beta \frac{H}{E}, \tag{160}$$

სადაც  $H$  – შესაკუმში ფენის სისქე;  $E$  – დეფორმაციის მოდული;  $\beta$  – კოეფიციენტი, დამოკიდებული გრუნტის გრძივი გაფართოების მოდულზე  $\mu$

$$\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}.$$

შეკუმშვის პირობებში ყველა მხრიდან დაწოლის გაზრდით დეფორმაცია მიისწრაფის ზღვრი საკენ

$$h_{\max} = \varepsilon H,$$

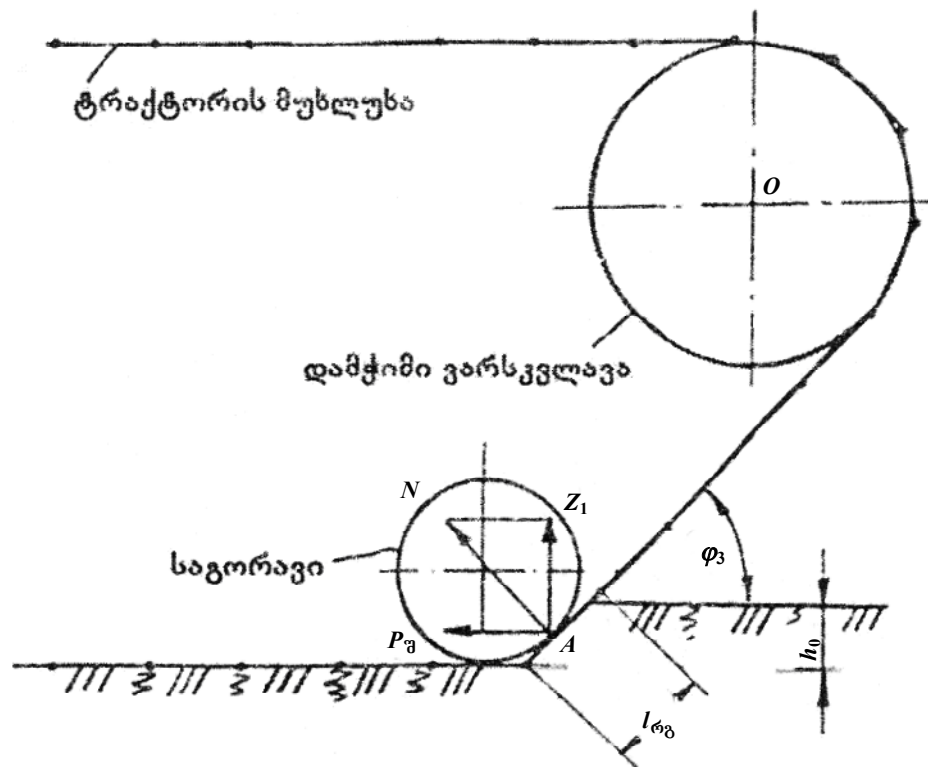
სადაც  $\varepsilon$  – გრუნტის კუმშვადობის კოეფიციენტი.

ტრაქტორის საკაბდოზე მოძრაობის დროს მისი მასის ზეწოლით ხდება გზის დეფორმირება. მოცემულ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ ყველა საყრდენ საგორავზე დატვირთვა ნაწილდება თანაბრად, წინას გარდა, რომელიც დატვირთვას იღებს მუხლუხა ჯაჭვის დახრილი შტოსაგან, რომლის გავლენით ხდება ნიადაგის ზედაპირის ვერტიკალური დეფორმაცია, რის გამოც წარმოიქმნება მუხლუხათი დატკეპნილი უმნიშვნელო კვალი.

მუხლუხა ჯაჭვების ძალების მოქმედებით წარმოიქმნება თანაბრადმოქმედი ნორმალ ი რეაქციები  $N$  (ნახ. 42), რომლებიც

წარმოდგენილია ვერტიკალურ  $Z_1$  და ჰორიზონტალურ  $P_{\Phi}$  მდგენელების სახით.

თანაბრადმოქმედი ნორმალის რეაქციის  $N$  ჰორიზონტალური მდგენელი შუბლა წინააღმდეგობა  $P_{\Phi}$  მოდებულია ორივე მუხლუხა ჯაჭვის რგოლზე და მიმართულია საყრდენი ზედაპირის ნორმალად, მთა-ის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.



ნახ. 42. მუხლუხების ნიადაგზე მოქმედებით წარმოქმნილი ნორმალის რეაქციის ძალების განმსაზღვრელი სქემა

შუბლა წინააღმდეგობის ძალა დამოკიდებულია წარმოქმნილი კვალის სიღრმეზე  $h_0$ , ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტზე  $C$ , მუხლუხა ჯაჭვის სიგანეზე  $b$ , დატვირთული ან დაუტვირთავი აგრეგატის მასაზე  $G$  და საყრდენი ზედაპირის სიგრძეზე  $l_6$ .

კვალის, ანუ ლიანდის სიღრმე  $h_0$  ძირითადად დამოკიდებულია ტრაქტორის სავალი ნაწილის კონსტრუქციაზე და ნიადაგის მექანიკური 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:

$$G = 2\sigma b l_6 = 2Ch_0 b l_6, \quad (161)$$

სადაც ერთ-ერთი დაშვების მიხედვით

$$\sigma = Ch_0, \quad (162)$$

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.

(161) ფორმულიდან

$$C = \frac{G}{2h_0 b l_6}. \quad (163)$$

ნიადაგის სიმყარის  $C$  კოეფიციენტის ექსპერიმენტული წესით დასადგენად, ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ჩატარდა ცდები, რომლის დროსაც ხდებოდა მთა-ის ლიანდის სიღრმის  $h_0$  გაზომვა ტყის სხვადასხვა ფართობებზე და საკაბლო გზებზე მშრალ ამინდში.

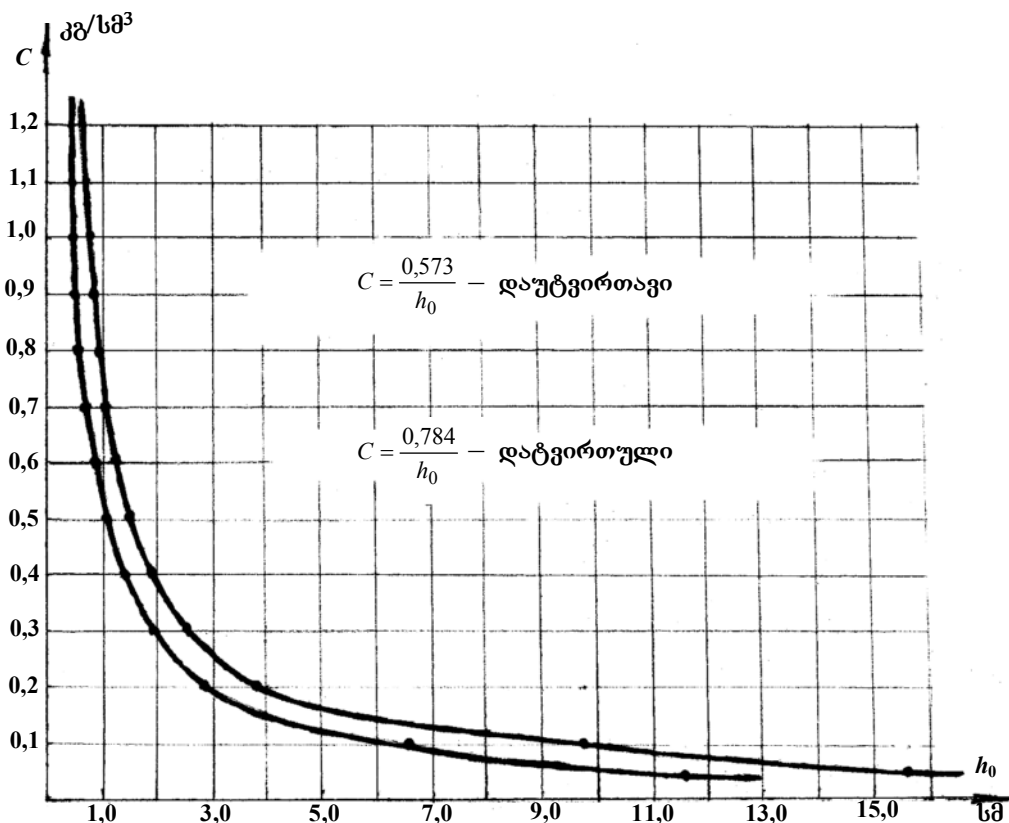
ცდების დროს გაზომვებით და ანგარიშით მიღებულ ი შედეგები შეტანილია ცხრილში 2.

ჩატარებული ექსპერიმენტული ცდებით მიღებული შედეგების (ცხრ. 2) საფუძველზე, აგებულია ლიანდის ჩაღრმავების  $h_0$ -ის მიხედვით ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის ცვალებადობის დიაგრამები, მთა-ის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში, როგორც გაუკვალავი ტყის ნიადაგის ზედაპირზე, ასევე საკაბლოზე ერთჯერადი გავლის დროს – მშრალ ამინდში (ნახ. 43).

ნიადაგის სიმყარის  $C$  კოეფიციენტის მიხედვით, შეგვიძლია ვიანგარიშოთ თანაბრადმოქმედი ნორმული  $N$  რეაქციის ჰორიზონტალური მდგენელი შუბლა წინააღმდეგობის ძალა  $P_{\text{შ}}$  მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური გრძივი მდგრადობის გამოსაკვლევად, ფერდობის დახრის კრიტიკული კუთხის მიხედვით

მუხლუხას დაწოლით წარმოქმნილი ლიანდის ჩადრმავეების  $h_0$  და ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის მნიშვნელობები, მთა-ის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში

№	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



ნახ. 43. ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის ცვალებადობის დიაგრამა

შუბლა წინააღმდეგობის ძალა მუხლუხებისათვის განისაზღვრება ფორმულით

$$P_{\text{შ}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \sigma b l_{\text{გ}} \sin \alpha = b c h_0^2, \quad (164)$$

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

ფორმულაში (1 64)  $h_0$ -ის მნიშვნელობის  $h_0 = \frac{G}{2bcl_6}$ , შეტანიო

საბოლოოდ მივიღებთ შუბლა წინააღმდეგობის განმსაზღვრელ ფორმულას

$$P_{\text{ა}} = \frac{G^2}{4bcl_6^2} \quad (165)$$

დატვირთულ მდგომარეობაში მთა-ის შუბლა წინააღმდეგობის ძალა ( ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ჩატარებული ცდების საფუძველზე, გავრცელებული ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის მნიშვნელობისათვის  $C = 0,154$  კგ/სმ<sup>3</sup>) ტოლია

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

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 (ნახ. 44).

ცხრილი 3

შუბლა წინააღმდეგობის ძალის  $P_{\text{ა}}$  მნიშვნელობები სიმყარის  $C$  კოეფიციენტთან დამოკიდებულებაში

№	დაუტვირთავი		დატვირთული	
	$C$ , კგ/სმ <sup>3</sup>	$P_{\text{ა}}$ , კგ	$C$ , კგ/სმ <sup>3</sup>	$P_{\text{ა}}$ , 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

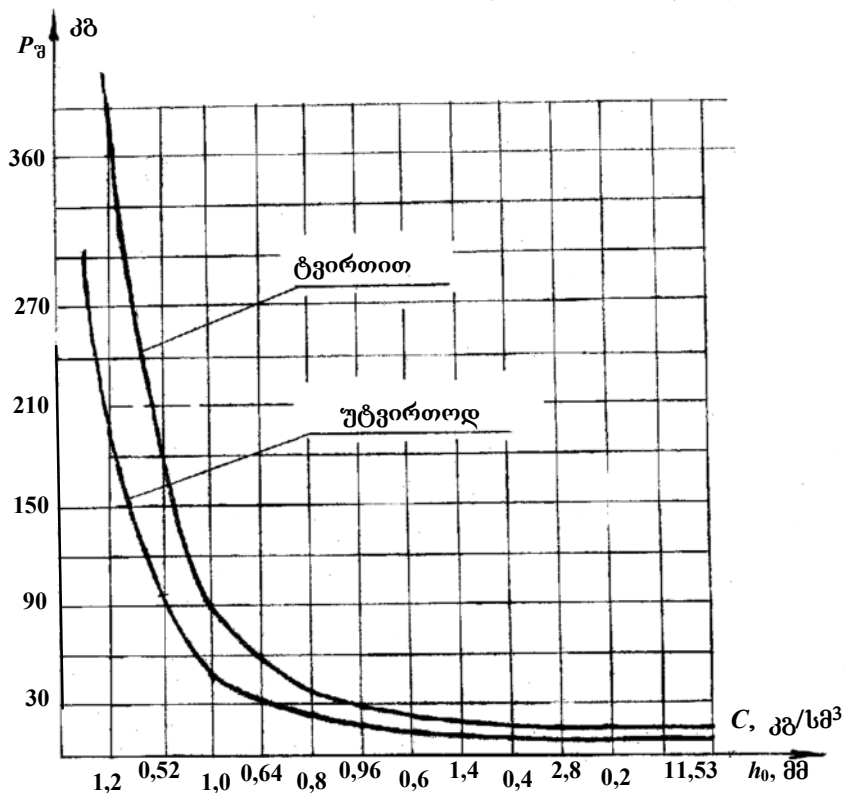
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნაკვალევის , ანუ ლიანდის  $h_0$  სიღრმის ხასიათის და სიდიდის განსაზღვრა შესაძლებელია გამოკვლევების შედეგებიდან, რომელიც დაკავშირებულია გრუნტის



ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებთან, საყრდენი მასივის მორფოლოგიურ თავისებურებებთან, სავალი აპარატის ზომებთან და კონსტრუქციასთან, გრუნტის დამტვირთავ გარე ძალების სი დიდესთან და სხვა მრავალ ფაქტორ თან. ცნობილია, რომ ერთგვაროვანი გრუნტის მასივის დეფორმაციის შემთხვევაში ნაწილაკების გვე რდით მხარეებზე ძვრების დროს ხაზოვანი დეფორმაციის კოეფიციენტს კარგად აღწერს განტოლება

$$a_c = 1,1 \frac{1 - \mu^2}{E} b x^{0,385}, \quad (166)$$

სადაც  $x$  – დეფორმატორის სიგრძის ფარდობა მის სიგანესთან ( $x = l/b$ ).



ნახ. 44. თანაბრადმოქმედი ნორმალი რეაქციის  $N$  პორიზონტალური მდგენელის შუბლა წინააღმდეგობის ძალის  $P_a$  ცვალებადობის დიაგრამა ნიადაგის სიმყარის  $C$  კოეფიციენტთან დამოკიდებულებაში

გრუნტზე გარე დაწოლის გაზრდას მივეყ ვართ გრუნტის ჩონჩხის რღვევამდე, დეფორმაცია აღარ ექვემდებარება ხ აზოვან კანონს. დაწოლამ, რომელიც შეესაბამება დეფორმაც იის მრუდს, ხაზოვანი უბნის ბოლოს მიიღო გრუნტის ზიდვის უნარის სახელი.

დაწოლის დროს, რომლებიც აჭარბებენ გრუნტის ზიდვის უნარს, საყრდენ მასივში მიმდინარეობს რთული პროცესები. დეფორმატორის

ძირთან  $a$  ხლოს ხახუნის  $d$  ალები გრუნტის ნაწილს ლაკებს შორის აღმოჩნდებიან იმდენად დიდები, რომ ეწინააღმდეგებიან მათ გვერდითი მხარეებისაკენ გამოწვევას. ძვრების არ არსებობა იწვევს იმას, რომ დეფორმატორის ძირის ქვეშ შეზღუდული მოცულობით, რომელიც ჭრილში გვახსენებს სოლს, ხდება გრუნტის მხოლოდ შეკვეთვა. გარე ძალების მოქმედებით ეს ტვიფარქვეშა სოლი, სხვაგვარი ტანის მსგავსად, ჩაინერგება საყრდენ მასივში და გვერდებზე არსებულ გრუნტს სწევს გვერდითი მხარეებისაკენ. განსაზღვრული დაწოლის  $q_c$  დროს, რომელსაც ეწოდება გრუნტის ზიდვის უნარის ზღვარი, საყრდენი მას იგი აჩქარებს წინააღმდეგობას დეფორმაციაზე და ტვიფარქვეშა სოლი აგრძელებს გრუნტში ჩაღრმავებას, დამატებითი დატვირთვის გაგრძელების გარეშე.

ანალოგიური პროცესი ვითარდება გრუნტზე უბრალო სავალი აპარატის ზემოქმედებით, თვლების და მუხლუხას აქტიური საყრდენი უბნის სახით ნაკვალევის  $h$  სიღრმის ხასიათი რომელიც დამოკიდებულია მასივის ერთგვაროვან გრუნტზე სავალი აპარატის მაქსიმალური დაწოლისაგან  $m$  ოცემულია მრუდის 1 სახით (ნახ. 45). ცდების მონაცემებით, დაწოლების დროს, რომლებიც აჭარბებენ გრუნტის მზიდი თვისებების უნარს  $q_H$ , პროგრეს იულად იზრდება ნაკვალევის ანუ ლიანდის სიგრძე, წინააღმდეგობა გორვაზე და მაძრავების ბუქსაობა. ამიტომ დაწოლა, რომელიც შეესაბამება გრუნტის მზიდი თვისებების უნარს, ითვლება ზღვრულ -დასაშვებად. რამდენადაც გრუნტის ხაზოვანი დეფორმაციის პირობებში მაქსიმალური დაწოლა ორჯერ აჭარბებს საშუალო (ხვედრით) დაწოლას  $q_c$ , დასაშვები დაწოლა

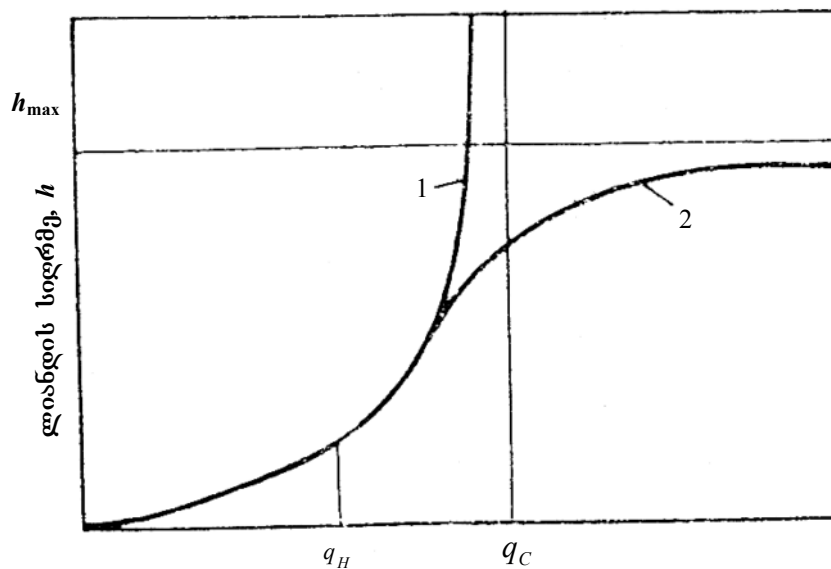
$$q_c < 0,5q_H. \quad (167)$$

ხე-ტყის მორსათრევი მანქანების გადამძიმებამ ტექნოლოგიური მოწყობილობებით და ხე-ტყის დამზადების უბნების თანდათანობითმა გადაადგილებამ, სადაც ჭარბობს სუსტი გრუნტები, მიგვიყვანა (167) პირობის და რღვევამდე და ხე-ტყის დამამზადებელი მანქანების გამავლობის გაუარესებამდე. რიგ შემთხვევაში სავალი ნაწილის გრუნტზე დაწოლის გაზრდით, ლიანდის სიღრმის გაზრდის ინტენსიურობა კლებულობს (ნახ. 45), რასაც ადგილი აქვს, მ აშინ

როცა გრუნტის მასივში, მცირე სიღრმეზე, განლაგებულია მყარი საფუძველი, რომელიც იწვებს დატვირთვის თავის თავზე აღებას ტვიფარქვეშა სოლის მასზე დაყრდნობის შემდეგ.

რამდენადაც ერთგვაროვანი გრუნტის მასივში შემკვრივებისა და ძვრის დეფორმაციები მიმდინარეობს ერთდროულად, ამდენად მათ ხაზოვან მდგენელებს ახასიათებს ერთი და იგივე კოეფიციენტი  $a_B = a_y = a_c$ . ამიტომ ტოლობების (160) და (166) ამოხსნა გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ ტვიფარქვეშა სოლის სიმაღლე

$$H_k = 1,1 \frac{1 - \mu^2}{1 - 2\mu} bx^{0,385}. \quad (168)$$



ნახ. 45. ლიანდის სიღრმის დამოკიდებულება გრუნტზე მაქსიმალური დაწოლისაგან

ცდების მონაცემებით, პირველი დატვირთვის დროს შემკვრეული გრუნტის მოცულობა მყარად ჩაიჭედება საყრდენ მასივში და პრაქტიკულად აღარ ღრმავდება მასში განმეორებით ერთნაირი დატვირთვის მიყენების შემთხვევაში. ამიტომ ლიანდის სიღრმე, მანქანების თავის კვალში მრავალჯერადი გავლის პროცესში, ძირითადად იზრდება გრუნტის ტვიფარქვეშა სოლის მოცულობის დამატებითი შემკვრივების ხარჯზე.

გამოკვლევების შედეგებიდან დადგენილია, რომ მრავალსაგორავიანი ტრაქტორის მუხლუხას მიერ ლიანდის წარმოქმნის პროცესს კარგად აღწერს განტოლება

$$h = 1,1 \frac{1 - \mu^2}{E} b x^{0,385} q \left( \frac{E \varepsilon n}{E \varepsilon + \beta q n} + \frac{q}{q_c - q} \right), \quad (169)$$

სადაც  $q$  – მაძრავის გრუნტზე მაქსიმალური დაწოლა;

$n$  – მაძრავის ლიანდზე გავლების რიცხვი.

ტოლობა (169) ადგენს: გრუნტის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების, მაძრავის საყრდენი ზედაპირის აბსოლუტური ზომების და მისი დაწოლის გავლენას ლიანდის სიღრმეზე, ამიტომ ის შეიძლება გამოყენებული იყოს მუხლუხა სავალი სისტემების გამავლობის და მდგრადობის გამოკვლევის შეფასების დროს.

ექსპერიმენტული გაზომვების საფუძველზე ამბროლაურის სატყეო უბნის ნიკორწმინდის სატყეოში ჩატარებულია გამოკვლევა მუხლუხას ლიანდის სიღრმის  $h_0$ -ის ცვალებადობის დასადგენად ; ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის  $C$  და შუბლა წინააღმდეგობის  $P_{\#}$  შესაბამისი მნიშვნელობების საანგარიშოდ შედგენილია ცხრილები და აგებულია დიაგრამები, რომლებიც ასახავენ ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის და შუბლა წინააღმდეგობის ცვალებადობას ლიანდის ჩაღრმავებისაგან დამოკიდებულებით, ტრაქტორის დატვირთულ და დაუტვირთავ მდგომარეობაში, როგორც ტყის ყამირი ნიადაგის, ასევე საკაბდო გზების პირობებში.

## 2.6. ხე-ტყის დამზადების სამუშაო პროცესების ეკონომიკური ანგარიში № 4<sup>ა</sup> ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით

№ 4<sup>ა</sup> ტექნოლოგიური სქემა დამუშავებულია IV ჯგუფის ტყესაკაფებისათვის და წარმოადგენს № 7 და № 1 ტექნოლოგიური სქემების შერწყმას (ნახ. 19 – წარმოდგენილია № 4<sup>ა</sup>-ს ანალოგიური №9 ტექნოლოგიური სქემით), სადაც 30<sup>o</sup>-ზე მეტი დახრილობის ტყესაკაფზე ხე-ტყის მორთრევა ზედა საწყობზე ჩამოშვებით წარმოებს ორმხრივი განივგადასატანი საბაგრო მორსათრევი დანადგარით, ხოლო პლატოზე განლაგებულ ტყესაკაფზე, რომლის დახრილობა 15<sup>o</sup>-მდეა, საბაგრო დანადგარის ზედა ბაქნამდე მორთრევა ხდება მოდერნიზებული მთა-ით, შემდგომ საბაგრო დანადგარით ზედა საწყობამდე მორების ჩამოშვებით [5, 6].

ეკონომიკურ ანგარიშში გამოყენებულია IV ჯგუფის ორი ტყესაკაფისაგან შემდგარი პირობითი ტყესაკაფი საორიენტაციო სატაქსაციო მონაცემებით:

ტყესაკაფის ფართი  $62,4 + 64,4=126,8\text{ჰა};$   
 საშუალო მარაგი ჰა-ზე  $250\text{მ}^3;$   
 სალიკვიდაციო მარაგი  $1560 + 1610=3170\text{მ}^3.$

ხე-ტყის მორთრევის სამუშაო პროცესის ეკონომიკური ანგარიში № 7 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით.

განესაზღვროთ  $1\text{ მ}^3$  ხე-ტყის განივი მიმარ თულებით ტრასამდე მორთრევის თვითღირებულება

$$K_{\text{გან}} = K_{1\text{გ}} + K_{2\text{გ}} \text{ ლარი,}$$

სადაც  $K_{1\text{გ}} - 1\text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე კუთრი დანახარჯები, მოსულიგანიჟადასატანი მზიდი ბაგირების მონტაჟზე და დემონტაჟზე, ლარი;

$K_{2\text{გ}} - 1\text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე მოსული საექსპლუატაციო ხარჯები განივი მიმართულებით მორთრევაზე, ლარი;

$$K_{1\text{გ}} = \frac{2C_{\text{გ}}}{ll_xV}; \quad K_{2\text{გ}} = \frac{C_3A_2 \frac{l_x}{2}}{2q_1(420-t_{\text{გოს}})\varphi};$$

სადაც  $C_{\text{გ}}$  - განივგადასატანი მზიდი ბაგირის მონტაჟის და დემონტაჟის ღირებულება, 50 ლარი.

თუ ავიღებთ წარმოებულს  $K_{\text{გან}}$ -ს  $l_x$ -ით და გაუტოლებთ ნულს, მივიღებთ

$$l_x = \sqrt{\frac{C_{\text{გ}}q_1\varphi(420-t_{\text{გოს}})}{lVC_30,5A_3}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 2 \cdot 0,8(420-30)}{624 \cdot 0,0025 \cdot 150 \cdot 0,5 \cdot 0,075}} = 60\text{ მ,}$$

სადაც  $q_1$  - საბაგირო ტრასის ერთი მხრიდან მორთრეული ხე -ტყის მოცულობა,  $2,0$ , მ<sup>3</sup>;

$\varphi$  - სამუშაო დროის გამოყენების კოეფიციენტი,  $0,8$ ;

$t_{\text{გოს}}$  - მოსამზადებელ-დასკვნითი დრო,  $30$  წთ;

$420$  - სამუშაო ცვლის დრო წთ.

$l$  - საბაგირო დანადგარებს შორის ოპტიმალური მანძილი

$$l = 2 \sqrt{\frac{Cq\varphi(420 - t_{\text{აბ}})}{LVC_3 A_2}} = 2 \sqrt{\frac{3100 \cdot 4 \cdot 0,8(420 - 30)}{1000 \cdot 0,0025 \cdot 2 \cdot 150 \cdot 0,053}} = 2 \cdot 312 = 624 \text{ მ,}$$

სადაც  $V$  – ერთეულ ტყით დაფარულ ფართობზე ხე-ტყის რაოდენობა,  
0,0025 მ<sup>3</sup>/მ<sup>2</sup>, 25 მ<sup>3</sup>/ჰა;

$q$  – ტრასის ორივე მხრიდან მორთრეული მორების მოცულობა მ<sup>3</sup>.

$C_3$  – ჯალამბარის სამანქანო ცვლის თვითღირებულება, ხელფასის  
ნათვლით მორთრევაზე და მორთრევაზე ტრასის ორივე  
მხარისათვის, 300 ლარი;

$A_2$  – გამარტივების კოეფიციენტი

$$A_2 = \frac{U_{\text{ზბ}} + U_{\text{ბზბ}}}{U_{\text{ზბ}} U_{\text{ბზბ}}} = \frac{50 + 30}{50 \cdot 30} = 0,053,$$

სადაც  $U_{\text{ზბ}}$  – დამხმარე-გვერდითი ურიკის უკუსვლის სიჩქარე, 50 მ/წთ;

$U_{\text{ბზბ}}$  – დამხმარე-გვერდითი ურიკის სიჩქარე ტვირთით, 30 მ/წთ;

$A_3$  – გამარტივების კოეფიციენტი

$$A_3 = \frac{U_{\text{ზბს}} + U_{\text{ბზბს}}}{U_{\text{ზბს}} U_{\text{ბზბს}}} = \frac{30 + 24}{30 \cdot 24} = 0,075,$$

სადაც  $U_{\text{ზბს}}$  – განივი მზიდი ბაგირიდან ხელით კაკვის ქვევით

სორტიმენტამდე გათრევის სიჩქარე, 30 მ/წთ;

$U_{\text{ბზბს}}$  – ჯალამბრით განივგადასატანი მზიდ ბაგირთან სორტიმენტის  
მორთრევის სიჩქარე, 24 მ/წთ

$$K_{\text{გაფ}} = \frac{2 \cdot 50}{624 \cdot 60 \cdot 0,0025} + \frac{2 \cdot 150 \cdot 0,053 \cdot \frac{60}{2}}{2 \cdot 2 \cdot (420 - 30) 0,8} = 1,07 + 0,38 = 1,45 \text{ ლარი.}$$

მივიღეთ  $K_{\text{გაფ}}$  მნიშვნელობა განივგადასატანი ბაგირის ახალ  
საკაფ ზოლზე ერთხელ გადატანის შემთხვევაში, რადგანაც აღნიშნული  
ბაგირის გადატანა ხდება 17-ჯერ, გვექნება

$$K_{\text{გაფ17}} = K_{\text{გაფ}} \cdot 17 = 1,45 \cdot 17 = 24,65 \text{ ლარი.}$$

იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ საბაგირო დანადგარებს შორის  
ოპტიმალური მანძილი ვადგენთ განტოლებას

$$K = K_1 + K_2,$$

სადაც  $K$  – საბაგირო დანადგარით  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყის ჩამოშვების თვითღირებულება, ლარი;

$\frac{l}{2}$  – განივ მზიდ ბაგირებზე მორთრევის ოპტი მაღური მანძილი, 312მ;

$\frac{l}{4}$  – განივ მზიდ ბაგირებზე მორთრევის საშუალო მანძილი, 156 მ;

$K_1 - 1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები განივი მზიდი ბაგირებით მორთრევაზე და მის დაშვებაზე.

$$K_1 = \frac{C}{LIV} = \frac{3100}{1000 \cdot 624 \cdot 0,0025} = 1,99 \text{ ლარი,}$$

$$K_2 = \frac{2 \cdot C_3}{\Pi_{\text{გ3}}} = \frac{2 \cdot 150}{70} = 4,29 \text{ ლარი,}$$

სადაც  $C$  – საბაგირო დანადგარის მონტაჟის და დემონტაჟის ხარჯები, 3100 ლარი;

$\Pi_{\text{გ3}}$  – საბაგირო დანადგარის ცვლური მწარმოებლურობა ხე-ტყის მორთრევაზე და ჩამოშვებაზე;

$$\Pi_{\text{გ3}} = \frac{(420 - t_{\text{მოს}})2q_1\varphi}{A_1 \frac{L}{2} + A_2 \frac{l}{4} + t} = \frac{(420 - 30)2 \cdot 2 \cdot 0,8}{0,007 \frac{1000}{2} + 0,053 \frac{624}{4} + 6} = 70 \text{ მ}^3,$$

სადაც  $A_1$  – გამარტივების კოეფიციენტი

$$A_1 = \frac{U_{\text{უ}} + U_{\text{გ3}}}{U_{\text{უ}} U_{\text{გ3}}} = \frac{360 + 240}{360 \cdot 240} = 0,007,$$

სადაც  $U_{\text{უ}}$  – ურიკის სიჩქარე მზიდ ბაგირზე უკუსვლის დროს, 360 მ/წთ;

$U_{\text{გ3}}$  – ურიკის სიჩქარე დატვირთულ მდგომარეობაში, 240 მ/წთ;

$t$  – მორების ჩაბმაზე და ჩახსნაზე დახარჯული დრო, 6 წთ.

მივიღებთ, რომ

$$K = K_1 + K_2 = 1,99 + 4,29 = 6,28 \text{ ლარი.}$$

ვიციით რა, საბაგირო დანადგარებს შორის ოპტიმალური მანძილი, განვსაზღვროთ გადასატან მზიდ ბაგირებზე დამხმარე ურიკებით

მორთრევის ოპტიმალური მანძილი  $\frac{l}{4} = 156 \text{ მ.}$

ვინაიდან, საბაგირო დანადგარის ტრასის სიგრძე არის 1000 მ, განივი ბაგირების გადატანის რიცხვი მასთან შოლტებისა და მორების მორტევის მანძილის შემთხვევაში  $l_x = 60$  მ, ტოლია

$$n = \frac{L}{l_x} = \frac{1000}{60} = 16,7; \text{ მივიღოთ } n_1 = 17.$$

ვინაიდან ტყესაკაფის სიღრმე არის 1000 მ და სიგანე 624 მ, განივგადასატანი ორმხრივი დანადგარის შემთხვევაში, როცა  $l/4 = 156$  მ, საჭიროა საბაგირო მორსათრევი დანადგარის ტრასის ორჯერ დამონტაჟება. ე.ი. გამოყოფილი ტყე საკაფის ასათვისებლად პირველად დამონტაჟების შემდეგ, მოხდება ერთხელ გადატანა და ახალ ადგილზე დამონტაჟება  $n_1 = 2$ .

აქედან გამომდინარე, საბაგირო დანადგარით 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის ჩამოშვების თვითღირებულება  $K$  გაიზრდება ორჯერ

$$K_1 = K \cdot n_1 = 6,28 \cdot 2 = 12,56 \text{ ლარი.}$$

საბაგირო დანადგარის მიერ ათვისებული ფართი ტოლია:

$$W = L \cdot l = 1000 \cdot 624 = 624000 \text{ მ}^2 \approx 62,4 \text{ ჰა.}$$

საბაგირო დანადგარის ტრასასთან მოსაზიდი ხე-ტყის სალიკვიდაციო მოცულობა

$$Q = W \cdot V = 62,4 \cdot 25 = 1560 \text{ მ}^3.$$

მოცემული სქემისათვის მორტრევის საშუალო მანძილი იქნება

$$L_{\text{საშ}} = \frac{L}{2} + \frac{l}{2} + \frac{l_x}{2} = \frac{1000}{2} + \frac{624}{2} + \frac{60}{2} = 500 + 312 + 30 = 842 \text{ მ.}$$

1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის ტრანსპორტირების ჯამური თვითღირებულება ტყესაკაფზე ტოლია

$$K_{\text{ჯამ}} = K_1 + K_{\text{გა617}} = 12,56 + 24,65 = 37,21 \text{ ლარი.}$$

№ 7 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით გამოყენებული ძირითადი მანქანა-დანადგარები:

1. განივგადასატანი საბაგირო დანადგარი 1 ც.
2. ბენზოძრავიანი ხერხი 3 ც (ერთი სათადარიგო).
3. ჰიდროდომკრატი – 2 ც.

ვიანგარიშით 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება № 7 ტექნოლოგიური სქემის დროს, საწვავ-საცხები მასალებისა და ძირითადი საწარმოო ფონდების თვითღირებულების გათვალისწინებით.



ძირითადი საწარმოო ფონდის თვითღირებულება:

1. ძირითადი დანადგარი		45000 ლარი.
2. ბენზოდრავიანი ხერხი 3 ც (ერთი სარეზერვო)		3000 ლარი.
3. ჰიდროდომკრატი	2 ც	1000 ლარი
		<hr/> 49000 ლარი

ამორტიზაციის წლიური ნორმა 20% ძირითადი საწარმოო ფონდი იქნება

$$49000 - 20\% = 9800 \text{ ლარი.}$$

ვანგარიშობთ სამუშაო დღეებს ცვლური მწარმოებლობიდან გამომდინარე, სამუშაო დღეების რაოდენობას ტოლია:

$$Q : \Pi_{\text{გ}} = 1560 : 70 = 22,3 \text{ დღე,}$$

მივიღოთ 23 სამუშაო დღე.

დღიური დახარჯული თანხა ძირითადი საწარმოო ამორტიზაციის არის

$$9800 : 365 = 26,85 \text{ ლარი.}$$

23 სამუშაო დღეში გვექნება

$$26,85 \times 23 = 617,55 \text{ ლარი.}$$

1 მ<sup>3</sup> დამზადებულ ხე-ტყეზე სა წარმოო ფონდის თვითღირებუ -  
ლებიდან გვექნება  $617,55 : 1560 = 0,40$  ლარი.

### საწვავ-საცხები მასალები გამოყოფილ სალიკვიდო მარაგზე

1. საბაგირო დანადგარი – 1 ც სიმძლავრე 50 ცხ.ძ., საწვავი, ბენზინი  
60 გ/ცხ.ძ. საათში  $60 \times 50 = 3000$  გრ, 3 ლიტრი;

8 საათის განმავლობაში ბენზინის ხარჯი  $3 \times 8 = 24$  ლიტრი;

23 დღის განმავლობაში ბენზინის ხარჯი  $24 \times 23 = 552$  ლიტრი;

2. ბენზოდრავიანი ხერხი – 2 ც

23 დღის განმავლობაში ბენზინის ხარჯი  $10,5 \times 2 \times 23 = 483$  ლიტრი;

23 დღის განმავლობაში ზეთის ხარჯი  $0,5 \times 2 \times 23 = 23$  ლიტრი.

საწვავ-საცხები მასალების საორიენტაციო ღირებულება 2017 წლის იანვრის თვის საბაზრო ფასებით:

1. ბენზინი  $(552+483) \times 2 = 2070$  ლარი;

2. ზეთი  $23 \times 4 = 92$  ლარი.

სულ საწვავ-საცხები მასალების ღირებულება შეადგენს 2672 ლარი.

$$2162 : 1560 = 1,39 \text{ ლარი.}$$

მაშასადამე, ძირითადი საწარმოო ფონდის და საწვავ -საცხები მასალების თვითღირებულების გათვალისწინებით, საბოლოოდ  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყის ზედა საწყობზე ტრანსპორტირების ჯამური თვითღირებულება იქნება:

$$K'_{\text{გან}} = 37,21 + 0,40 + 1,39 = 39,0 \text{ ლარი.}$$

ხე-ტყის მორთრევის სამუშაო პროცესის ეკონომიკური ანგარიში № 1 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით, ხე-ტყის ზედა საწყობზე ჩამოშვებით. მთლიან ხე-ტყის მორთრევისას ტექნოლოგიური პარამეტრების საანგარიშოდ ვღებულობთ შემდეგ აღნიშვნებს:

$l_{\text{მორ}}$  – სატრაქტორო მაგისტრალური საკაბდოს სიგრძე, მ;

$l$  – მაგისტრალურ საკაბდოებს შორის მანძილი, მ;

$l/2$  – საკაბდო ტოტის (განშტოების) მაქსიმალური სიგრძე, მ;

$l_1$  – შოლტის მორთრევის მანძილი საკაბდო ტოტთან, მ;

$L$  – საკაბდო გზების საერთო სიგრძე, მ.

$L$ -ის საანგარიშოდ ვადგენთ შემდეგ განტოლებას:

$$K = K_1 + K_2 + K_3,$$

სადაც  $K$  –  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყის მორთრევის თვითღირებულება, ლარი;

$K_1$  –  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები, სატვირთო ბაქნის მშენებლობის და შენახვის ღირებულებიდან, ლარი;

$K_2$  –  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები, სატრაქტორო საკაბდოების მშენებლობის და შენახვის ღირებულებიდან, ლარი;

$K_3$  –  $1 \text{ მ}^3$  ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები მთლიან მორთრევის ღირებულებიდან, ლარი.

$$K_1 = \frac{c}{LVI} = \frac{950}{1000 \cdot 0,0025 \cdot 322} = 1,18 \text{ ლარი,}$$

სადაც  $c$  – ერთი სატვირთო ბაქნის მშენებლობის ღირებულება, ლარი;

$V$  – სალიკვიდო ხეების მოცულობა ფართობის ერთეულზე, მ<sup>3</sup>/ჰა.

$$K_2 = \frac{C_1}{LVI} \cdot \frac{l+l_1}{l_1} = \frac{3750 \cdot (322+90)}{1000 \cdot 0,0025 \cdot 322 \cdot 90} = 21,33 \text{ ლარი,}$$

სადაც  $C_1$  – 1 კმ ს ატრაქტორო საკაბდოს მშენებლობის და შენახვის ღირებულება, ლარი;

$\frac{l+l_1}{l_1}$  – საკაბდო გზების საშუალო სიგრძე, მ,

$$K_3 = \frac{C_2 A(L_{\text{მორ}} + l) + 2t}{2(420 - t_{\text{მოს}})q\varphi} = \frac{750 \cdot 0,12(1000 + 322) + 2 \cdot 30}{2(420 - 30)8 \cdot 0,8} = 23,85 \text{ ლარი.}$$

1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება მთა-ით მორთრევის დროს, როდესაც  $V = 25$  მ<sup>3</sup>/ჰა-ზე, გვექნება;

$$K = \frac{c}{LVI} + \frac{c_1(l+l_1)}{LVI \cdot l_1} + \frac{c_2 A(L_{\text{მორ}} + l) + 2t}{2(420 - t_{\text{მოს}})q\varphi} = 1,18 + 21,33 + 23,85 = 46,36 \text{ ლარი.}$$

ხე-ტყის მორთრევის ოპტიმალური მანძილების საანგარიშო პარამეტრების მაჩვენებლები და საერთო თვითღირებულება, აღებულია მორთრევის მექანიზმების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების საფუძველზე:

- რეისზე მთა-ის საშუალო დატვირთვა  $q = 8$  მ<sup>3</sup>;
  - მთა-ის სამანქანო ცვლის ღირებულება (მძღოლის და დამხმარის (მიმბმელის)) ხელფასის ჩათვლით,  $c_2 = 750$  ლარი;
  - შოლტის მორთრევის მანძილი ტყეკაფიდან საკაბდომდე ჯალამბარის დოლის ბაგირტევადობიდან გამომდინარე, შეადგენს  $l_1 = 90$  მ;
  - სატვირთო ბაქნის მშენებლობის და შენახვის ღირებულება  $c = 950$  ლარი;
  - 1 კმ მაგისტრალური საკაბდოს მშენებლობის ღირებულება  $c_1 = 3750$  ლარი;
  - უქმი სვლით მთა-ის მოძრაობის სიჩქარე საკაბდოზე,  $V_{\text{უ}} = 20$  მ/წთ;
  - საკაბდოზე მთა-ის მოძრაობის სიჩქარე დატვირთულ მდგომა-რეობაში,  $V_{\text{ტ}} = 15$  მ/წთ;
- ამ მაჩვენებლების ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ:

$$l = \sqrt{\frac{2(420 - t_{\text{მთხ}})(C + C_1 L_{\text{მთრ}})q\varphi}{A \cdot C_2 L_{\text{მთრ}} V}} = \sqrt{\frac{2(420 - 30)(950 + 3750 \cdot 1000)8 \cdot 0,8}{35 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 0,01}} = 322 \text{ მ.}$$

მორსათრევი გზების საერთო სიგრძე, როცა  $l = 322$  მ, იქნება

$$L = \frac{L_{\text{მთრ}}(l + l_1)}{l_1} = \frac{1000(322 + 90)}{90} = 4578 \text{ მ.}$$

სათრევეების (საკაბდოების) განშტოების რაოდენობას მივიღებთ შემდეგი ფორმულით:

$$n = \frac{L_{\text{მთრ}}}{l_1 + B + E},$$

სადაც  $B$  – ხის საშუალო სიმაღლე, რომელიც სატაქსაციო მანქანების მიხედვით, მომწიფარე და მწიფე კორომებში 100 სმ დიამეტრის მქონე წიფელის ხისათვის 30 მ-ია;

$E$  – მანძილი წაქცეული ხის ძირსა და კუნძს შორის (წაქცეული ხე ჩამოცურდება ფერდობზე), რომლის სიდიდე 2-5 მ-ის ფარგლებში მერყეობს.

ამრიგად, სათრევი შტოების რაოდენობა იქნება:

$$n = \frac{1000}{90 + 30 + 5} = 8.$$

ათვისებული ფართი ტოლია  $W = L \cdot l = 64,4$  ჰა ხე-ტყის მოცულობა იქნება:

$$Q = W \cdot V = 64,4 \cdot 25 = 1610 \text{ მ}^3.$$

მთხ-ის ცვლური მწარმოებლურობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Pi_{\text{ცვლ}} = \frac{(420 - t_{\text{მთხ}})q\varphi}{\frac{V_{\text{უ}} + V_{\text{მგ}}}{V_{\text{უ}} \cdot V_{\text{მგ}}} \cdot \frac{L_{\text{მთრ}} + l_1}{2} + 2t} = \frac{(420 - 30)8 \cdot 0,8}{\frac{20 + 15}{20 \cdot 15} \cdot \frac{1000 + 90}{2} + 2 \cdot 3} = 36 \text{ მ}^3.$$

№ 1 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით გამოყენებული ძირითადი მანქანა-დანადგარები:

- |   |   |
|---|---|
| 1. მთხ                                      | 3 |
| 2. ბუღლოზერი                                | 1 |
| 3. ბენზოძრავიანი ხერხი<br>(ერთი სათადარიგო) | 4 |
| 4. ჰიდროდომკრატი                            | 2 |

პროფესიების მიხედვით ბრიგადის ოპტიმალური შემადგენლობა იქნება:

ტყის მჭრელი დამხმარეებით	4
მთა-ის მძლარი დამხმარეებით (მეჩოკერეებით)	6
დამმორაგები	2
საგზაო მშენებლობაზე და ტყე საკაფის გაწმენდაზე დამხმარე მუშა	2
მებუღლოზე დამხმარე მუშით	2
სულ	16

ამრიგად, გამომუშავების კომპლექსური ნორმა ცვლაში შეადგენს:

$$\Pi_{\text{ცვ.ბრ}} = \Pi_{\text{ცვ.}} \cdot n = 36 \times 3 = 108 \text{ მ}^3.$$

გამომუშავების კომპლექსური ნორმა ერთ მუშაზე ცვლაში იქნება:

$$H_j = \frac{\Pi}{P_j} = \frac{108}{16} = 6,75 \text{ მ}^3.$$

ჩვენს შემთხვევაში ასათვისებელი ხე-ტყის მოცულობა შეადგენს 1610 მ<sup>3</sup>, ხოლო ცვლის მწარმოებლურობა 108 მ<sup>3</sup>. ამ რაოდენობის ხე-ტყის დამზადებისათვის ბრიგადას დასჭირდება:

$$1610 : 108 = 15 \text{ დღე.}$$

**მუშათა სახელფასო ფონდის ანგარიში** . 2017 წლის იანვრის მდგომარეობით სატყეო სამუშაოებზე დაკავებული მუშის დღიური სარგო შეადგენს 80 ლარს. იქიდან გამომდინარე, რომ ბრიგადაში დაკავებულია 16 მუშა, ხოლო ამათგან 8 მუშის ხელფასი შესულია K-ს ანგარიშში, ვანგარიშობთ დანარჩენი 8 მუშის დღიურ ხელფასს:

$$8 \times 40 = 320 \text{ ლარი.}$$

სახელფასო ფონდში გათვალისწინებულია 20% საშემოსავლო გადასახადი.

მუშების შრომის სარგო, რომელიც დღიურად განისაზღვრება 640 ლარით, 15 დღიან საწარმოო ციკლზე იქნება:

$$640 \times 15 = 9600 \text{ ლარი.}$$

ზემოთ გაანგარიშებულ 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულების მაჩვენებელს K-ს (46,36 ლარი), უნდა დაემატოს დანახარჯები მუშათა სახელფასო ფონდის საწვავ-საცხები მასალების და ა.შ.

$$K_{\text{მთლ}} = 46,36 \times 1610 = 74639,60 \text{ ლარი.}$$

**საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულების გაანგარიშება** . საპასპორტო მონაცემების თანახმად მთა-ის ტრაქტორის TT-4-ის

ძრავას დიზელის საწვავის ხარჯი ერთ ცხ. ძალაზე საათში შეადგენს 180 გრამს. ძრავას სიმძლავრეა 110 ცხ. ძ. შესაბამისად გვექნება 19,8 ლიტრი.

8 საათიანი საწარმოო ციკლზე სამი აგრეგატისათვის:

$$19,8 \times 8 \times 3 = 475,2 \text{ ლიტრი,}$$

შესაბამისად 15 დღიან ციკლზე

$$475,2 \times 15 = 7128 \text{ ლიტრი.}$$

ამას ემატება დიზელის საწვავის ხარჯი ბუდლოხერისათვის და მივიღებთ:

$$160 \times 15 = 2400 \text{ ლიტრი.}$$

მთლიანად დიზელის ხარჯი იქნება:

$$14256 + 4800 = 19056 \text{ ლიტრი.}$$

2017 წლის მო ნაცემებით საქართველოში 1 ლიტრი დიზელის ღირებულება შეადგენს 2,0 ლარს.

მთლიანად დიზელის ღირებულება გვექნება

$$(7128+2400) \times 2,0 = 19056 \text{ ლარი.}$$

ბენზოძრავიანი სამი ხერხისათვის ბენზინის ხარჯი 15 დღიან საწარმოო ციკლზე გვექნება

$$10,5 \times 3 \times 15 = 472,5 \text{ ლიტრი.}$$

ბენზინის ღირებულება საშუალოდ აღებულია 2,0 ლ. სამი ხერხისათვის გვექნება

$$472,5 \times 2,0 = 945 \text{ ლარი.}$$

ასევე, ზეთის დანახარჯი 15 დღიან საწარმოო ციკლზე შეადგენს სამი ხერხისათვის

$$0,5 \times 3 \times 15 = 22,5 \text{ ლიტრი.}$$

ზეთის ღირებულება გვექნება

$$22,5 \times 4 = 90 \text{ ლარი.}$$

ამრიგად, 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის დამზადებაზე დახარჯული საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულება სალიკვიდო მარაგზე ტოლია 12,48 ლარი

$$19056 + 945 + 90 = 20091,$$

აქედან გვექნება

$$29001 : 1610 = 12,48 \text{ ლარი.}$$

ძირითადი საწარმოო ფონდების თვითღირებულებების საორიენტაციო (მიახლოებით) ანგარიში.

1. მთა-ის ღირებულება	$3 \times 140000 =$	426000 ლარი
2. ბუღდოხერის		150000 ლარი
3. ბენზოდრავიანი ხერხი	$4 \times 1000 =$	4000 ლარი
4. ჰიდროდომკრატი	$2 \times 500 =$	1000 ლარი
სულ		581000 ლარი.

ამორტიზაციის წლიური ნორმა შეადგენს 20%

$$581000 \times 20\% = 116200 \text{ ლარი.}$$

აქედან გამომდინარე, ვინაიდან გვაქვს მუშაობის 15 დღე, გვექნება

$$116200 : 265 \times 15 = 4775,34 \text{ ლარი.}$$

1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყეზე გვექნება

$$4775,34 : 1610 = 2,97 \text{ ლარი.}$$

ამ მონაცემების დაჯამებით მივიღებთ სავარაუდო დანახარჯს ხე-ტყის მორთრევაზე:

$$\begin{aligned} & \text{მუშათა ხელფასი} + \text{დიზელის ღირებულება} + \text{ბენზინის ღირებულება} + \text{ზეთის ღირებულება} + \text{სამორტიზაციო ანარიცხები} + K_{\text{მთლ.}} \\ & 9600 + 19056 + 945 + 90 + 4775,34 + 74639,60 = 109105,94 \text{ ლარი.} \end{aligned}$$

მიღებული მნიშვნელობის გაყოფით დასამზადებელი ხე-ტყის საერთო მოცულობაზე, მივიღებთ 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევის დანახარჯს:

$$K_4 = 109105,94 : 1610 = 67,77 \text{ ლარი.}$$

მთა-ით მორთრეული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება საბაგირო დანადგარის ბაქნამდე  $K_4 = 67,77$  ლარს, ხოლო საბაგირო დანადგარის ბაქნიდან ზედა საწყობზე ჩამოშვებული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება ტოლი იქნება

$$K_5 = \frac{c_3}{\Pi_{\text{გა}}} = \frac{150}{70} = 2,14 \text{ ლარი,}$$

სადაც  $c_3$  – ჯალამბარის მანქანა ცვლის შენახვის თვითღირებულება,

მეჯალამბარის და მუშის ხელფასის ჩათვლით, ლარი.

მაშასადამე, პლატოზე 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევაზე და მის ჩამოშვებაზე ზედა საწყობამდე, გვექნება:

$$K''_{\text{ჯამ}} = K_4 + K_5 = 67,77 + 2,14 = 69,91 \text{ ლარი.}$$

№4<sup>ა</sup> ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით ორივე ტყესაკაფიდან ზედა საწყოზე მორთრეული 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება საშუალოდ ტოლია

$$K_6 = \frac{K'_{\text{ჯამ}} + K''_{\text{ჯამ}}}{2} = \frac{39,0 + 69,91}{2} = 54,46 \text{ ლარი.}$$

მივიღეთ: ავტოტყესაზიდ გზასთან განლაგებულ ტყესაკაფიდან ზედა საწყობამდე მორთრეული 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება 39,0 ლარია.

პლატოზე განლაგებულია ტყესაკაფიდან საბაგირო დანადგარის ბაქნამდე 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევის თვითღირებულება 69,91 ლარი.

ორივე ტყესაკაფიდან ზედა საწყობამდე 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევის საშუალო თვითღირებულება შეადგენს 54,46 ლარს.

ეკონომიკური გაანგარიშება პრაქტიკულ -რეალურ პირობებში მოითხოვს არსებული ნორმების, სატაქსაციო მონაცემების, საწვავ -საცხებ მასალებზე ფასების, ახალი ტექნიკის გამოყენებით მიღებული ეკონომიის და სხვა მაჩვენებლების დაზუსტებას.

### დასკვნა განსჯაზე

დამუშავებულია და შექმნილია მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი ალჭურვილი ძარა -ისრის ახალი სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმით, რომელიც უზრუნველყოფს მთაგორიან ტყესაკაფებზე მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაციის განხორციელებას მექანიზებული წესით. ჩატარებულია ძარა -ისრის სახსრულ-ბერკეტულ-კბილანური მექანიზმის სტრუქტურული კვლევა.

მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფების ათვისებას დამუშავებულია ტყესაკაფი სამუშაოების კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი №9 ტექნოლოგიური სქემა.

დამუშავებულია მეთოდთა და ჩატარებულია მთა-ისრის ჯალამბრის საწვე-საექსპლუატაციო გაანგარიშება, დადგენილია წვეის ძალის და ამძრავის სიმძლავრის მაქსიმალური მნიშვნელობები.



ჩატარებულია გამოკვლევები მოდერნიზებული მთა-ის საწვევ - საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად: მთლიანად დატვირთულ, ნახევრად დატვირთულ და ხე -ტყის მთლიანად მიწაზე მორთრევის მდგომარეობაში, განსაზღვრულია დატვირთული და დაუტვირთავი აგრეგატის ნიადაგ თან ჩაჭიდების კოეფიციენტების, წვეის ძალის და გადასადგილებელი ტვირთის წონების მნიშვნელობები.

მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოკვ ლევებიდან დადგენილია:

– ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მთა მდგრადია, რადგანაც  $V_{j1} > V$  -ზე დაუტვირთავ მდგომარეობაში და  $V_{j1} < V$  -ზე დატვირთულ მდგომარეობაში;

– 20 °-ით დახრილ ფერდობზე მთა-ის აღმართის მხარეს მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს მდგრადობა დაირღვევა, რადგანაც  $V_{j2} < V$  -ზე დაუტვირთავ მდგომარეობაში ი და  $V_{j4} < V$  -ზე დატვირთულ მდგომარეობაში;

– განსა ზღვრულია ფერდობის დახრის ზღვრული კუთხის მნიშვნელობები. მთა-ის მაქსიმალური სიჩქარით მინ იმალური რადიუსით მობრუნების დროს: დაუტვირთავი  $\Delta\alpha_{b1} = 12^{\circ}39'$  და დატვირთულ  $\Delta\alpha_{b2} = 12^{\circ}7'$ .

განსაზღვრულია  $t$  დროის ხანგრძლიობა მთა-ის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე ვაკეზე და ფერდობზე, მინიმალური რადიუსით მობრ უნების დროს:  $t_{\text{მთ}} = 0,68$  წმ;  $t_{\text{მთ,ქ}} = 0,72$  წმ.

დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებულია მთა-ის ექსპერიმენტული გამოკვლევები, დადგენილია ძირითადი ტექნიკური და საექსპლუატაციო პარამეტრები. ჩატარებულია, აგრეთვე, სამუშაო პროცესის ეკონომ იკური გაანგარიშება № 4ა ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით. მიღებულია ზედა საწვობზე მორთრეული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება 54,46 ლარი.

### 3. დასკვნა

1. მთავორიან ტყესაკაფებზე ხე-ტყის დამზადების მექანიზებული ტექნოლოგიური პროცესი რთულია და დაკავშირებულია მეტყვევობის 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 მექანიზაციის ტექნოლოგიურ სქემებთან და მორსათრევ ტექნიკასთან, რაც თავის მხრივ ქმნის სამანქანო აგრეგატების მოქმედების სფეროდან ტყის მნიშვნელოვან ი საექსპლუატაციო ფართობების ამოვარდნის საშიშროებას; ამასთან, არსებული ტექნოლოგიური სქემები არ ითვალისწინებენ მეოთხე ჯგუფის ერთმანეთზე მიბმული ტყესაკაფების ათვისებას, რომლებიც მოითხოვენ ხე-ტყის 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 მორსათრევის ტექნოლოგიური პროცესის ერთი ოპერაციიდან მეორეზე მექანიზებული წესით გადასვლა, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია სამუშაო დროის ზედმეტ ხარჯვასთან და მწარმოებლურობის შემცირებასთან.

სადისერტაციო ნაშრომში გათვალისწინებულია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის, საწვებსაქსპლუატაციო გაანგარიშების და ექსპერიმენტული კვლევების მეთოდოლოგიის დამუშავება, ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით.

2. მეოთხე ჯგუფის ცვალებადი დახრილობის ტყესაკაფებისათვის დამუშავებულია კომპლექსური მექანიზაციის ეკოლოგიურად უვნებელი №9 ტექნოლოგიური სქემა, სადაც გადაწყვეტილია აღნიშნულ პირობებში ხე-ტყის მორსათრევის ტექნოლოგიური პროცესების ოპერაციების განხორციელებას 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 მექანიზმებისაგან; 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 ცამეტრგოლა 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 მექანიზებული წესით ვაწარმოთ მორთრევის ტექნოლოგიური პროცესის ყველა ოპერაცია, მათ შორის ძარაზე შეკრულას დაბმა-დაფიქსირება, ხელით შრომის გარეშე.

4. დამუშავებულია მეთოდიკა და მოდერნიზებული მთა-ის მოძრაობის განივი მდგრადობის გამოსაკვლევეად 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 ს იმძიმის  $S_4$  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 მეთოდიკის საფუძველზე, ჩატარებულია შემდეგი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები:

- შედგენილია აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ბალანსის განტოლება, ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედ ა-

პირის 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 ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს განივი მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, განსაზღვრულია ცენტრიდანული აჩქარების და სიჩქარის კრიტიკული მნიშვნელობები: დაუტვირთავი  $a_1 = 6,9 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j1} = 3,7 \text{ მ/წმ}$  და დატვირთულ  $a_3 = 6,5 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j3} = 3,6 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში; ამ შემთხვევაში მთავის განივი მდგრადობა არ დაირღვევა, რადგანაც 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.

– მთავის 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  $a_4 = 2,7 \text{ მ/წმ}^2$ ;  $V_{j4} = 2,38 \text{ მ/წმ}$  მდგომარეობაში. ამ შემთხვევაში განივი მდგრადობა დაირღვევა, რადგანაც 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;

– მთავის 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:  $\alpha_{n1} = 12^\circ 39'$ ,  $\alpha_{n2} = 11^\circ 7'$  შესაბამისად აგრეგატის დაუტვირთავ და დატვირთულ მდგომარეობაში; ამასთან, მთავის განივი მდგრადობის პირობის ტრანსცენდენტული 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 და წყების 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. ჩატ არებულია კვლევები მთა-ის ჯალამბრის საწვე - საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად, კერძოდ, განსაზღვრულია ჯალამბრის საწვე ბაგირზე 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 საწვე ბაგირით მორთრეული მოჭრილი ხის ან შოლტის მოძრაობის სიჩქარე და აჩქარება, აგრეგატის ისა რთან მიახლოების დროს უმნიშვნელოდ იცვლება და წვევის ძალის სიდიდეზე გავლენას არ ახდენს.

7. ჩატარებულია კვლევები მოდერნიზებული მთა-ის საწვე - საექსპლუატაციო პარამეტრების დასადგენად. ექსტრემალურ პირობებში აღმართზე და დაღმართზე მთლიანად დატვირთულ, ნახევრად დატვირთულ და ხე-ტყის 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. დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებიდან და ვიზუალური 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 6 ი-კორწმინდის სატყეოში ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე, ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდებში, დადგენილია, მთა-ის ქანობის დახრის კრიტიკული კუთხის მნიშვნელობები ჩამოცურე ბაზე: 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 ჩადრმაგების და შუბლა წინააღმდეგობის მნიშვნელობები; შედგენილია ცხრილები და აგებულია დიაგრამები, რომლებიც ასახავენ ნიადაგის სიმყარის კოეფიციენტის და შუბლა წინააღმდეგობის ცვალებადობას ლიანდის ჩადრმაგებასთან დაკავშირებულულებაში.

9. ნაშრომში ჩატარებულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესის ეკონომიკური ანგარიში ახალი № 4ა ტექნოლოგიური სექციის მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს ცვალებადი დახრილობის ფერდობების შემცველი მეოთხე ჯგუფის ტყესაკაფების ათვისებას, სადაც მორთრევა საჭიროა ვაწარმოთ სხვადასხვა სახის მანქანა-დანადგარებით; ეკონომიკური ანგარიშიდან გამომდინარე, ძირითადი საწარმოო ფონდების 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.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. გიგაური გ. საქართველოს ტყეების ბიომრავალფეროვნება. თბილისი: 2000, 160 გვ.
2. გიგაური გ. ტყეთმოსწობა. თბილისი: განათლება. 2001, 255 გვ.
3. ურუშაძე თ. აგროეკოლოგია. თბილისი: ქრონოგრაფია. 2001, 321 გვ.
4. ჯაფარიძე თ. მეტყევეობა. თბილისი: განათლება. 2003, 297 გვ.
5. ბალამწარაშვილი ზ., კოკაია გ., დუნდუა პ., მჭედლიშვილი თ., ჩიტაძე ზ. ტყეკაფითი სამუშაოების მანქანები და ტექნოლოგია მთიან პირობებში. თბილისი: სმმსპ ინსტიტუტი. 2008. 252 გვ.
6. კოკაია გ., ბალამწარაშვილი ზ., დუნდუა პ., ჩიტაძე ზ. ტყეკაფითი სამუშაოების ტექნოლოგია მთიან პირობებში. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2005, 109 გვ.
7. Кокая Г.Г. Технология лесосечных работ в горных условиях Грузии. Тбилиси: Мецниереба. 1974, 151 с.
8. Дундуа П.В., Баламцарашвили З.Г., Начкебия Д.И., Мосулишвили Д.И., Нариманшвили М.Г. Анализ современного состояния лесозаготовки и переработки древесины в Грузии. Тбилиси: Труды ГТУ. 2008, 69-73 с.
9. Верхов И.Ф., Шестаковский Г.Ф., Пучков Ю.И. Машины и механизмы лесозаготовок. М.: «Лесная промышленность». 1975, 320 с.
10. Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ. – М.: Лесная промышленность. 1990, 392 с.
11. Виноградов Г.К. Лесосечные работы. – М.: Лесная промышленность, 1981, 272с.
12. Застенский Л.С., Неволин Н.Н. Машины и механизмы лесного хозяйства и их эксплуатация. Вологда: 2000, 304 с.
13. Вороницын К.И., Гугелев С.И. Машинная обрезка сучьев на лесосеке. М.: Лесная промышленность. 1989, 272 с.
14. Анисимов Г.М. Лесные машины. М.: Лесная промышленность, 1989. 225326с.
15. Жуков А.В., Иевин И.К., Федоренчик А.С. Заготовка сортиментов на лесосека. Технология и машины. М.: Экология. 1993, 312 с.
16. Матвейко А.П. Малоотходные и безотходные технологии в лесной промышленности. Мн., 1999, 84 с.
17. Федоренчик А.С. Механизация рубок главного и промежуточного пользования при помощи процессоров. Труды Белорусского технологического института. Вып. 1, серия II. Мн., 1993, с. 7-12.
18. გვაზავა ლ. ხე -ტყის დამზადება. სახელმძღვანელო, საქართველოს ს.ს. უნივერსიტეტი. თბილისი: 2007, 160 გვ.
19. Баламцарашвили З.Г., Модебадзе Ш.Б. Технология треле вки леса на заболоченных лесосеках колхидской низменности. Труды ГТУ № 3, Тбилиси, 2009.
20. ნარიმანაშვილი მ., ბალამწარაშვილი ზ., ნარიმანაშვილი პ., ტყემალაძე რ., მოსულიშვილი დ. ტყეკაფზე სამუშაო პროცესების ეკოლოგიურად უვნებელი კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემა და ეკონომიკური ანგარიში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, სტუ. გამომცემლობა „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, 2010, № 2(18), 58-63 გვ.
21. მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., ნარიმანაშვილი პ., ტყემალაძე რ., დუნდუა პ. ტყესაკაფი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი

- ტექნოლოგიები და მანქანა-დანადგარები მთიან პირობებში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, სტუ. გამომცემლობა „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, 2010, № 2(18), 90-95 გვ.
22. ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ. ტყეკაფითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიები და მანქანები მთიან პირობებში. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო-წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2009, № 64, 39-44 გვ.
  23. მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., ნარიმანაშვილი მ. ტყეკაფითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარები. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო-წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2010, № 65, 180-185 გვ.
  24. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტძე ზ., კოკაია გ., მჭედლიშვილი თ., მოსულიშვილი დ. მორსათრევი აგრეგატი. საქპატენტი. პატენტი GEP10332A. თბილისი. 10.04.09. № 7(275).
  25. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტძე ზ., ტყემალაძე რ., ასანიძე გ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი. საქპატენტი. პატენტი GEP10519A. თბილისი. 10.04.09. № 7(275).
  26. Баламцарашвили З.Г., Кокая Г.Г. Транспортное средство повышенной проходимости. А.С. № 709452. М., 21.09.1978.
  27. Баламцарашвили З.Г., Кокая Г.Г., Раздольский С.М. Транспортное средство для трелевк и и перевозки длиномерных грузов. А.С. № 568565. М., 1977, Б.И. № 30.
  28. Баламцарашвили З.Г., Кокая Г.Г., Шелленберг А.Д. Транспортное средство для трелевки и транспортировки длиномерных грузов. А.С. № 659429. М., 1978, Б.И. № 16.
  29. ბალამწარაშვილი ზ., ჩიტძე ზ., ლილუაშვილი დ. ხე-ტყის საჰაერო მორსათრევის ხერხი და მოწყობილობა მის განსახორციელებლად. საქპატენტი. პატენტი GEP3294B. თბილისი. 07.26.04, № 14.
  30. ბალამწარაშვილი ზ., გელაშვილი ი., ტყემალაძე რ., ჩიტძე ზ., ასანიძე გ., მოსულიშვილი დ. ხე-ტყის ორმხრივი საჰაერო საბაგირო მორსათრევი დანადგარი. საქპატენტი. პატენტი GEP 4779B. 09.10.09 №17.
  31. ბალამწარაშვილი ზ. გელაშვილი ი., ტყემალაძე რ., ჩიტძე ზ., ასანიძე გ. ხე-ტყის ორმხრივი საჰაერო საბაგირო მორსათრევი დანადგარი. საქპატენტი. პატენტი GEP 4776B. 09.10.09 №17.
  32. Дундуа П.В., Баламцарашвили З.Г., Ткемаладзе Р.А., Кинкладзе Д.Н., Мачавариани Ш.Н. Канатно-подвесная трелевочная установка с поперечным несущим канатом. თბილისი: სატყეო მოამბე. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი № 3, 2010. 88-91 გვ.
  33. Зелегин Л.А., Воскобойников И. В., Еремеев Н.С. Машины и механизмы для канатной трелевки. Московский государственный университет леса, Москва. 2004, 39-67 с.
  34. ნარიმანაშვილი მ., ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის გამავლობის გამოკვლევა მთიანი ტყის ქანობებზე ექსპლუატაციის დროს. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, სტუ. გამომ-



- ცემლობა „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, 2010, № 4(19), 48-55 გვ.
35. ნარიმანაშვილი მ., ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, სტუ. გამომცემლობა „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, 2010, № 4(19), 103-111 გვ.
  36. ნარიმანაშვილი მ., ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური განივი მდგრადობის გამოკვლევა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, სტუ. გამომცემლობა „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, 2010, № 4(19), 117-123 გვ.
  37. მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., ნარიმანაშვილი მ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის დინამიკური მდგრადობის გამოკვლევა შოლტების ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მორსათრევის დროს. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო-წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2010, № 65, 186-190 გვ.
  38. მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., დუნდუა პ., გელაშვილი ი., ნარიმანაშვილი მ., მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მდგრადობის გამოკვლევა დაწოლის ცენტრის კოორდინატებით. სტუ, შრომები, თბილისი, 2011, № 3 (477), 72-75 გვ.
  39. მოსულიშვილი დ., ბალამწარაშვილი ზ., დუნდუა პ., გელაშვილი ი., ნარიმანაშვილი მ., მოდერნიზებული მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის მდგრადობის გამოკვლევა დაწოლის ცენტრის კოორდინატებით. სტუ, შრომები, თბილისი, 2011, № 3 (477), 76-79 გვ.
  40. Баламцарашвили З.Г., Читидзе З.Д., Кокая Г.Г., Дундуа П.В., Гелашвили И.Н. К вопросу исследования поперечной устойчивости трелевочного самопогружающегося агрегата на лесозаготовках в горных условиях Грузии. Сатყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, № 1, 2009, 80-84 გვ.
  41. Баламцарашвили З.Г., Мчедlishვილი Т.Т., Кокая Г.Г., Нариманшвили М.Г. Исследование продольной устойчивости трелевочно -самопогружающегося агрегата (ТСПА) по критическому углу уклона. სტუ, ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. თბილისი, № 3 (11), 2008.
  42. ბალამწარაშვილი ზ., მოდებაძე შ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის სავალ ნაწილზე მოქმედი რეაქციის ძალები. სტუ-ს, შრომები № 3, თბილისი, 2009.
  43. ბალამწარაშვილი ზ., დუნდუა პ., გელაშვილი ი., ნარიმანაშვილი მ., მოსულიშვილი დ., ტყემალაძე რ. მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის გრძივი მდგრადობის გამოკვლევა ფერდობის კრიტიკული დახრის კუთხის მიხედვით. სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი, თბილისი, 2011, № 4.