

საქართველოს განათლების, მეცნიერების, კულტურისა და სპორტის  
სამინისტრო  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*ხელნაწერის უფლებით*

**თემურ ლეშკაშელი**

**მობილური ხიდური აგრეგატის ძალურ-  
ენერგეტიკული პარამეტრების გამოკვლევა  
დაბალღეროიანი კულტურების წარმოების  
ინტენსიფიკაციის მიზნით**

ტრანსპორტის დარგში ინჟინერიის დოქტორის (0407) აკადემიური  
ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

**ავტორეფერატი**

ქუთაისი 2020

საქართველოს განათლების, მეცნიერების, კულტურისა და სპორტის  
სამინისტრო  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: რანი ჭაბუკიანი-ტექნიკის მეცნიერებათა  
დოქტორი, პროფესორ-ემერიტუსი, ეკოლოგიის  
მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი

- რეცენზენტები:
1. ზაზა მახარობლიძე-რაფიელ დვალის სახელობის  
მანქანათა მექანიკის სამეცნიერო კვლევითი  
ინსტიტუტის მობილური მანქანების განყოფილების  
წამყვანი მეცნიერ-თანამშრომელი, ტექნიკის  
მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი.
  2. გიორგი ფურცხვანიძე - აკაკი წერეთლის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტის პროფესორი.
  3. თამაზ ცანავა - აკაკი წერეთლის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტის ემერიტუსი. ტექნიკის  
მეცნიერებათა დოქტორი.

დისერტაციის დაცვა შედგება 2020 წლის 27 ოქტომბერს 14<sup>00</sup> საათზე  
საინჟინრო -ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ შექ-  
მნილ სადისერტაციო კომისიის სხდომაზე. მისამართი: ქუთაისი. თამარ  
მეფის ქ. 59. I კორპუსი, აუდ. №1114.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია აკაკი წერეთლის სახელ-  
მწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში მისამართზე: 4600. ქუთაისი. თა-  
მარ მეფის ქ. 59.

ავტორეფერატი დაიგზავნა “ \_\_\_\_\_ ”  
(თარიღი)

სადისერტაციო საბჭოს

მდივანი ასოც.პროფესორი

\_\_\_\_\_

(ხელმოწერა)

/ნ. სახანბერიძე/

## სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა:** იმერეთის რეგიონის ცენტრალურ ნაწილში დიდი ხანია, ტრადიციად იქცა მებოსტნეობა, რაც ამ რეგიონის სოფლის მოსახლეობის ძირითადი საარსებო კულტურაა. ამას ხელი შეუწყო ოდითგანვე საუკეთესო ნიადაგობრივ-კლიმატურმა პირობებმა და წარმოებული ნედლეულის მაღალმა ხარისხმა, რის გამოც მათ დიდი ხანია მოიპოვეს სტაბილური საშინაო და უცხოური სარეალიზაციო ბაზარი. უნდა აღინიშნოს რომ მოთხოვნა ამ კულტურებზე დღითი დღე იზრდება. საქართველოში წარმოებული ბოსტნეული კულტურების ძირითადი უპირატესობა არის მისი მაღალი საგემოვნო თვისებები, ეკოლოგიური სისუფთავე და არასეზონური წარმოებისათვის ხელსაყრელი კლიმატი.

ცნობილია რომ ბოსტნეული კულტურების მოვლა-მოყვანის სამუშაოები მძიმეა, მოუხერხებელი და გარდა ზოგიერთი ოპერაციებისა ძნელად ემორჩილება მექანიზაციის გამოყენებას, რის გამოც დომინირებს საკმაოდ მძიმე ხელით შრომა.

ამ კულტურების წარმოების ინტენსიფიკაციის გაზრდის მიზნით, მეურნეობრიობის თანამედროვე პირობებში, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ მექანიზაციის საშუალებების ენერგოეფიციენტად ე.წ. ხიდური აგრეგატის (ხა) გამოყენება, რომელიც მოემსახურება საშუალო და მცირეკონტურიან დახურულ ან ღია გრუნტზე ბოსტნეულისა და სხვა დაბალღეროიანი კულტურების მოვლა-მოყვანის სამუშაოებს (სეზონზე ნიადაგის მრავალჯერადი დამუშავება, მორწყვა, სასუქის შეტანა და ა.შ.). იგი მნიშვნელოვნად შეამცირებს ოპერაციების ჩატარების აგროვადებს, რაც საჭიროა საქართველოში კლიმატური პირობების მკვეთრად შეცვლის პირობებში, უზრუნველყოფილი იქნეს სეზონზე რამდენიმე მოსავლის მიღება.

ხა-ში სატრაქტორო საბურავების უარყოფითი გავლენა ნიადაგის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე აღარ არსებობს და შესაბამისად მოსავლიანობის დაცემის საშიშროება გამორიცხებულია. ხა-ის მომსა-

ხურე ფართობზე, როგორც მცირე მოცულობის სამიწათმოქმედო ბაზაზე, წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ ბიოლოგიური პრეპარატები და სასუქები, რომელიც ორგანული მიწათმოქმედების ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნაა ევროკავშირის ბაზარზე.

ხიდური ენერგოუზრუნველყოფის პირობებში ნიადაგდამამუშავებელ მანქანებს სატრაქტორო აგრეგატებთან განსხვავებით ექმნებად მუშაობის სპეციფიკური პირობები (დაკიდებული მდგომარეობა). შესაბამისად საჭიროდ მივიჩნით ამ პროცესის მეცნიერული შესწავლა და ანალიზი.

შესაბამისად სადისრეტაციო თემა კავშირშია ხა-ის როგორც მობილური სტაციონალური დანადგარის საკონსტრუქტორო, ტექნოლოგიური, ეკონომიკურ-ეკოლოგიური და თეორიული საკითხების დამუშავებასთან, რის გამოც მის აქტუალობაში და პრაქტიკულ გამოყენებაში ეჭვი არ გვეპარება.

**სამუშაოს მიზანი და ამოცანები:** ხა-ი, როგორც სასოფლო-სამეურნეო ოპერაციების ჩატარების მექანიკა-ტექნოლოგიური სისტემა და მისი პოპულარიზაცია ფერმერულ მეურნეობებში. მასზე დაკიდებული ნიადაგდამამუშავებელი ფრეზის ძალურ-ენერგეტიკული პარამეტრების ოპტიმიზაცია.

დასახული მიზნის მისაღწევად საჭიროა შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადაჭრა:

- ხიდური აგრეგატისა და მისი ტექნოლოგიური მოდულის დაპროექტებისა და გაანგარიშების მეთოდიკის დამუშავება, ხა-ის ცალკეული კვანძების საინჟინრო გაანგარიშება, მათი საიმედო მუშაობის თეორიული და პრაქტიკული საფუძვლების დამუშავება და ძალურ-ენერგეტიკული პარამეტრების გამოკვლევა;
- ხა-თან დაკომპლექტებული ნიადაგდამამუშავებელი ფრეზის ამძრავის კონსტრუქციული თავისებურებების დასაბუთება და მისი დამოუკიდებელი ჯალამბრული მექანიზმის წევით-ენერგეტიკული უზრუნველყოფა.
- ფრეზირების ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხის მაჩვენებლებ-

ბის ოპტიმიზაცია;

- ხა-ის გამოყენების ეკონომიკური ეფექტიანობა. მასთან სხვადასხვა კულტურების მოვლა-მოყვანის კომპლექსური მექანიზაციის გათვალისწინებით.

**მეცნიერული სიახლე:**

- ხა-ი, როგორც მაღალი მექანიკა-ტექნოლოგიური ხარისხის მქონე მობილური ენერგეტიკული საშუალება სოფლის მეურნეობაში;
- ხა-ის დაპროექტებისა და გაანგარიშების თეორიული საფუძვლების და მისი ძალური და ენერგეტიკული პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება;
- ბოსტნეული და დაბალღეროიანი კულტურების მოვლა-მოყვანის სამუშაოებზე გამოყენებული ხიდური ამძრავისა და მასთან დააგრეგატირებული მანქანების პრინციპული სქემების დამუშავება;
- ხა-ზე სასოფლო სამეურნეო მანქანების დაკიდების მექანიზმის (ტექნოლოგიური მოდულის) დაპროექტება და მისი ამძრავის ენერგეტიკული უზრუნველყოფა;
- ხიდურ აგრეგატზე დაკომპლექტებული ნიადაგდამამუშავებელი როტაციული მანქანის მუშაობის თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევა და სათანადო პარამეტრების დასაბუთება;
- ხა-ის ეკონომიკური და ეკოლოგიური ეფექტიანობის გაანგარიშება;

**კვლევის ობიექტი:** ხიდური ამძრავი და მასთან დააგრეგატირებული ნიადაგდამამუშავებელი მანქანა-იარაღი.

**სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება:** დამუშავებულია ხა-ის პროტოტიპის მექანიკა-ტექნოლოგიური პროექტი ტექნოლოგიურ მოდულთან (ტმ) ერთად, რომელიც გამოიყენება მცირე ნაკვეთებზე მაღალმოსავლიანი დაბალღეროიანი კულტურების წარმოების მოცულობის გაზრდის მიზნით.

**სამუშაოს განხილვა:** სადისერტაციო ნაშრომის შედეგების შესახებ მოხსენებები გაკეთდა:

1. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მშენებლობისა და

ტრანსპორტის დეპარტამენტში ტრანსპორტის მიმართულების სამეცნიერო-პრაქტიკული სემინარები, აწსუ, ქუთაისი, (2017-2020წწ)

2. საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის X ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია . ქ.თელავი . აწსუ. 26.09.2019--28.09.2019 წ.
3. V INTERNACIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE - Production of environmentally safe low-stalk agricultural raw materials using the bridge assembly. HIGH TECHNOLOGIES.BUSINESS.SOCIETY 09-12.03.2020 BULGARIA. university Sofia .

**გამოქვეყნებული მასალები:** დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 8 ნაშრომი, მათ შორის 5 მაღალრეიტინგულ რეცენზირებად ჟურნალებში, რომლებიც რეკომენდირებულია აწსუ-ს საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს მიერ.

**სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა:** დისერტაცია შედგება ხუთი თავისაგან და შეიცავს 19 ფოტოს, 8 ცხრილს, 25 ნახაზს, ლიტერატურის 118 დასახელებას. საერთო მოცულობა შეადგენს 156 გვერდს.

სამუშაოს შინაარსი

ნაშრომის პირველ თავში წარმოდგენილია ბოსტნეული კულტურების ზოგიერთი აგროტექნიკური მახასიათებლები, რომლის მოვლა - მოყვანას იმერეთის რეგიონში კარგი ტრადიცია აქვს. სამწუხაროა, რომ ამ უკანასკნელ პერიოდში კომერციული საქმიანობის შეფერხების გამო ამ საქმის საუკეთესო სპეციალისტები - პრაქტიკოსები გაიხიზნენ საზღვარგარეთ, სადაც დაიწყეს ამ საქმის ბიზნესი, განსაკუთრებით ირანში, თავიანთი ცოდნის და გამოცდილების რეალიზაცია. დიდი მოთხოვნილებაა ჩითილების წარმოებაზე რადგან ჩვენში, ტრადიციულ რაიონებში მოყვანილი ნედლეული ხასიათდება საუკეთესო საგემოვნო-სამკურნალო თვისებებით. სწორედ ნაიდაგობრივ-კლიმატური პირობების გამო ირანსა და სხვაგან წარმოებული პროდუქცია გაცილებით დაბალი ხარისხის აღმოჩნდა ვიდრე ჩვენში.

ბოსტნეულ კულტურებში მოიაზრება ოცამდე სხვადასხვა სახეობა, რომელთა მოვლა-მოყვანის აგროტექნიკა მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან.

ბოსტნეულის მოვლა-მოყვანის საქმეში მთავარია ნიადაგის გულდასმით დამუშავება წვრილ კომტებად (აგრეგატებით), მათი დაქუცმაცება, რათა მან ხელი არ შეუშალოს ისედაც სუსტ ღეროებად აღმოცენებას. ამასთან ხარისხის შენარჩუნების მიზნით საჭიროა რიგი პერსპექტივებით ნიადაგების მუდმივი მკურნალობა.

ხიდური აგრეგატი (ხა-ი) საუკეთესო საშუალებაა, რათა ბოსტნეული კულტურების წარმოება თავისუფლად გადაერთოს ორგანული სოფლის მეურნეობის რელსებზე, რომელსაც დიდი მომავალი აქვს, როგორც ჯანსაღი პროდუქციის წარმოების, აგრეთვე რეალიზაციის საქმეში, განსაკუთრებით გარე ბაზარზე.

ორგანული სოფლის მეურნეობა (ოსმ) არის აგროსაქონელწარმოების მართვის ერთიანი სრულყოფილი სისტემა, რომელიც ხელს უწყობს აგროეკოსისტემის შენარჩუნებას და უზრუნველყოფს აგრონედლეულის სიჯანსაღეს.

ოსმ მჭიდრო კავშირშია ეკოლოგიურ სოფლის მეურნეობებთან (ესმ), რომლებიც მე-20 საუკუნის 20-იან წლებში ჩაისახა და მისი თანდათანობით განვითარების გზით მოვედით 80-იან წლებამდე, როცა საერთაშორისო სამეურნეო ურთიერთობებში გაჩნდა ისეთი ტერმინოლოგია, როგორცაა: „მწვანე რევოლუცია“, ეკოლოგიური სტანდარტები, ოსმ-ის რეგულირება (2002 წლიდან), ისინი აღიარეს ევროპის ქვეყნებსა და ამერიკაში.

„ორგანული მიწათმოქმედების საერთაშორისო ორგანიზაცია“ (IFOAM, ვერსალი, საფრანგეთი, 1972 წ.) მოიცავს 300-მდე ეკოლოგიურ კავშირს, რომელთა ბუმი გასული საუკუნის ბოლოს დაიწყო. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ 21-ე საუკუნის I ნახევარში მოხდება აგროსაქონელწარმოების ეკოლოგიზაცია ცალკეული კომპანიების და კერძო მესაკუთრეების მხრიდან, რათა მათ დაიმკვიდრონ მზარდი ეკოლოგიური ბაზარი.

ასეთი მიმართულებები მორგებულია ხიდური მიწათმოქმედების ძირითად მიმართულებებზე, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს როგორც ლატიფუნდიური, ისე კერძო მინი მეურნეობების პირობებში.

ოსმ მოიცავს მიწათმოქმედების მთელ გამას, მაგრამ ძირითადად ეყრდნობა მიმართულებას, როცა ნიადაგი რჩება ყოველგვარი ხელოვნური სასუქების გამოყენების გარეშე.

ჩვენს ქვეყანაშია შექმნილი<sup>1</sup> თხევადი, ბიოლოგიური პრეპარატები და ორგანული სასუქები, რომლებიც გამოირჩევიან თავიანთი მოქმედების უნივერსალობითა და საიმედოობით და ისინი თამამად შეიძლება იქნას გამოყენებული ხა-ების ქვეშ გამოყენებულ ნაკვეთებზე. ეს პრეპარატებია: ბიოკატენა, ფიტოკატენა, აგროკატენა, ლეპიდინი, ტურინგენი, ბოვერინი და სხვა. ისინი ფართოდ შეიძლება გამოვიყენოთ ნებისმიერი კულტურების დაავადებების წინააღმდეგ საბრძოლველად და აგრეთვე გამოფიტული (ხანგრძლივი ექსპლოატაციის გამო) ნიადაგის ნაყოფიერების ასამაღლებლად, რაც ძალიან

<sup>1</sup> BIOAGRO - მცენარეთა ბიოლოგიური დაცვის ცენტრი (თბილისი).



მნიშვნელოვანია ხა-ის ქვეშ დატვირთული ერთი და იგივე ნიადაგ-ბისათვის.

ამასთან პირველ თავში ყურადღებას ვამახვილებთ ხიდური აგრეგატის, როგორც ელექტროფიცირებული გამწევი ძალის თემატიკაზე არსებული ლიტერატურის მიმოხილვას, შედეგად გამოიკვეთათ მისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

აგროსასურსათო სექტორის საბაზრო საწყისებზე გადასვლა, როგორც წესი გულისხმობს სრულიად ახალ მიდგომებს მეცნიერული და ტექნოლოგიური უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. კონკურენცია ამ სფეროში სტიმულს აძლევს აგრობიზნესის განვითარებას და ქმნის საშუალებას გაზარდოს ფინანსური საშუალებები თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების გზით, რომელიც დაფუძნებული უნდა იყოს ეკოლოგიურად სუფთა აგრონედლეულის წარმოებაზე. ამ მხრივ ხიდური აგრეგატი (ხა) უზრუნველყოფს ნიადაგის თვისებების შენარჩუნებას, რომელსაც აუარესებენ სატრაქტორო აგრეგატების სავალი თვლები, მისცეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებას სამრეწველო ხასიათი, მაქსიმალური ავტომატიზაციისა და კომპიუტერიზაციის გამოყენების შესაძლებლობა.

აგროხიდური ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც სასოფლო-სამეურნეო მანქანების მოძრაობის მარშუტიზაცია, რომელიც ფერმერს მთელი სეზონის განმავლობაში მოემსახურება ამა თუ იმ კულტურის მოვლა მოყვანის და აღების სამუშაოებზე. მისი საშუალებით შეიძლება მოგვარდეს შემდეგი ღონისძიებები:

-ხიდური აგრეგატების გამოყენების დროს 1,5- ჯერ მცირდება თესლის, წყლის, ფართობების არარაციონალური გამოყენების ფაქტები, რაც კიდევ ერთხელ განამტკიცებს აგროხიდური კომპლექსის შემდეგ უპირატესობებს;

- აგროტექნიკურ ვადებში სამუშაოების შესრულება დღის ნებისმიერ დროს;

-ბუნებრივი გარემოს დაცვა შხამქიმიკატებისა და ნავთობპრო-

დუქტების ჩაღვრისაგან;

- ერთეულ პროდუქციაზე წყლის, თესლის, სასუქის ლითონისა და ენერჯის მნიშვნელოვანი დანაზოგი.

- თხევადი საწვავების ეკონომია, ცენტრალიზებული ელექტრომომარაგების გამოყენების შედეგად;

- საველე სამუშაოებზე მომსახურე პერსონალის რაოდენობრივი შემცირება ტექნოლოგიური ოპერაციის ავტომატიზაციის გამო;

- ფერმერის შრომის პრესტიჟის ამაღლება;

- მიღებული აგრონედლეულის შრობა, შეფუთვა და სასაქონლო მდგომარეობის მიცემა ადგილზე.

რა თქმა უნდა ხა-ს ახასიათებს გარკვეული უარყოფითი მხარეებიც; როგორცაა მთელი სამუშაოს მიჯაჭვა რელსებს შორის არეში, რომლის სიგანეები შესაძლებელია იყოს სხვადასხვა. აგრეთვე ერთ-ერთი მიზეზი მისი გაუვრცელებლობისა არის შედარებით მაღალი ღირებულება, რომელზეც ფერმერმა შეიძლება უარი თქვას.

ხა-ებს განვითარების საკმაოდ საინტერესო ისტორია აქვს. რიგმა მეცნიერებმა დაიწყეს მათი დაპროექტება, ასეთები იყვნენ: ინგლისელი ხალკოტი, რუსი პრასტოროვი, ბორინი, პოლონელი სვეცკი, იუნეცკი, პრავისტორავი და სხვები. მათ შექმნეს გასული საუკუნის 30-იან წლებში მიწათმოქმედების ხიდური სისტემები. ამას მოჰყვა ელექტროტრაქტორების შექმნის პრეცედენტები, მონორელსური ტექნიკა უკრაინაში (ხარკოვი), აშშ GE Elec-Trak „New idea“ და Vazsatile-160 , Q “Yanmaz” იაპონიაში და ა.შ.

საქართველოში ეს საქმე დაიწყო პროფ. ა.დიდებულისძემ პროფ. კ. ამირეჯიბმა და ასპირანტმა ვ.მანველისძემ, მათ „ფორდმონის“ ბაზაზე შექმნეს ელექტროძრავიანი ტრაქტორი.

გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან საქართველოს კ.ამირეჯიბის სახ. მექანიზაციისა და ელექტროფიკაციის ს/კ ინსტიტუტის თანამშრომლების (ვ.მეტრეველი, შ.ჭელიძე) ხელმძღვანელობით შეიქმნა ფერდობებზე სამუშაოდ განკუთვნილი ელექტროტერასიორი.

1980-90 წ.წ-ში სოხუმში საქართველოს სუბტროპიკული მეურ-

ნეობის ინსტიტუტის მექანიზაციის ფაკულტეტზე პროფ. ვ. ჭიჭინაძის ხელმძღვანელობით განხორციელდა შწმ -იანი მონორელსური ტრანსპორტიორის გაუმჯობესების სამუშაო, რომელიც განკუთვნილი იყო ციტრუსოვანთა მოვლა-მოყვანის სამუშაოებისათვის მთაგორიან პირობებში.



**ფოტო -1 ხიდური აგრეგატი**

L-საქცევის სიგრძე  $L=50$  მ;

1.-ხა-ის სახელოსნო; 2. -შედულებითი კონსტრუქცია;

3. -რელსები; 4. -ტექნოლოგიური მოდული.

$C_1, C_2, C$  - საქცევის სიგანეები თითოეული 10მ სიგანის .

სულ ხა-ის ქვეშ ფართი  $F=1500$  მ<sup>2</sup>

ხიდური აგრეგატი გადაადგილდება (იხ.ფოტო-1) მართკუთხა ნაკვეთის გრძივ პერიმეტრზე მუდმივად ჩამონტაჟებულ რელსებზე და მოძრაობისას მოიცავს მთელ დასამუშავებელ ფართს. იგი წარმოადგენს შედულებით შექმნილ მეტალოკონსტრუქციას (კუთხოვანების, შველერების და სხვა სორტამენტული მასალებისაგან დამზადებულ შეერთებებს), რომელსაც რელსებზე გადაადგილებისათვის აქვს სავალი თვლები, მათგან ორს (მარჯვენა და მარცხენა) ამძრავის

ფუნქცია აკისრია. ენერჯის წყაროდ გამოყენებულია ელექტროძრავები, რომლებიც შეერთებულია რედუქტორთან, ჯაჭვურ გადაცემასთან და წამყვან თვლებთან.

ხა-ის ძირითად სამუშაო სისტემას წარმოადგენს ავტონომიური ამძრავის ფუნქციის მქონე ტექნოლოგიური მოდული. მასზე შეიძლება დამონტაჟდეს სხვადასხვა ადაპტირებული სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-იარაღი. ჩვენს შემთხვევაში განხილულია ნიადაგის ზედაპირული დამუშავებისათვის საჭირო აქტიური სამუშაო ორგანოს მქონე ფრეზი, ნიადაგის დამუშავებას აწარმოებს როცა ხა-ი არის გაჩერებულ მდგომარეობაში.

ტექნოლოგიური მოდულის - უნივერსალური საკიდი მექანიზმის გადაყვანა არასამუშაო მდგომარეობიდან სამუშაო მდგომარეობაში წარმოებს 0,8 კვტ-იანი ელექტროძრავით. ხა-ის კონსტრუქცია (განსაკუთრებით სიმაღლე) შეიძლება განისაზღვროს აგრონედლეულწარმოების სპეციალიზაციის გათვალისწინებით. ჩვენი შემთხვევისათვის იგი დამზადებულია ე.წ. დაბალდეროიანი კულტურების მოვლა-მოყვანის სამუშაოების შესასრულებლად, რაც უფრო მეტად გამართლებულად მიგვაჩნია.

ტექნოლოგიური მოდული-ურიკა მარტივი კონსტრუქციისაა, მისი მართვა (გადაადგილება) წარმოებს დამოუკიდებელი ამძრავით (ელექტროძრავა, რედუქტორი, ჯალამბარი, ბაგირი და სხვ. აქსესუარები).

ხა-ი აღჭურვილია აგრეთვე მახლოკირებელი (სამუხრუჭე) მოწყობილობით, რომელიც მას იცავს თვითგადაადგილებისაგან ქარიან ამინდში.

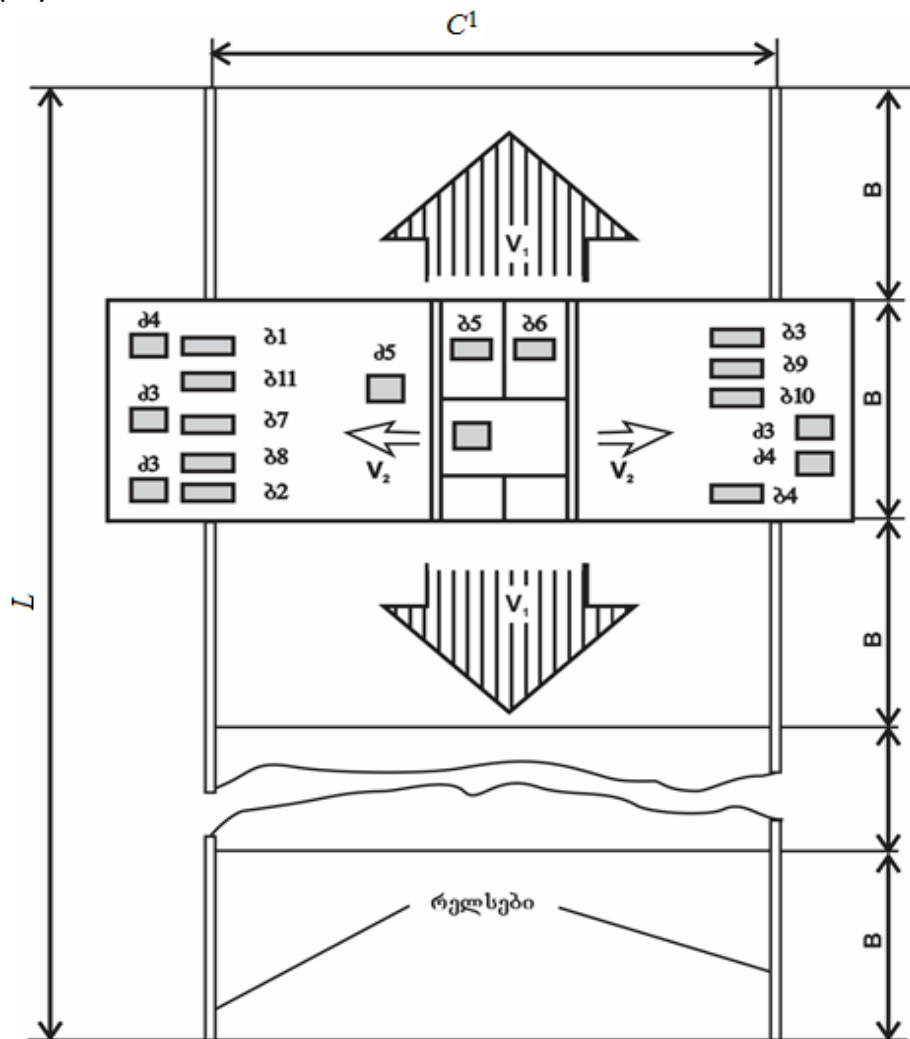
იმის გათვალისწინებით რომ ხა-ი სტაციონალური დანადგარია, მასზე შეიძლება ვეძიოთ ენერჯის ალტერნატიული წყაროები (მზის, ქარის და სხვ.). მით უფრო, იმის და მიხედვით, თუ რომელი კულტურის მოვლა-მოყვანასთან გვაქვს საქმე, გამოიყენება სეზონურად აგროტექნიკის მოთხოვნების შესაბამისად. იგი ეფექტურია მოსავლის აღების დროსაც რადგან ამ აგრეგატზე შეიძლება მოეწყოს ნედ-

ლეულის პირველადი გადამუშავება, შრობა, დაფასოება და ა.შ.

ნახაზზე ნაჩვენებია ხა-ის გადაადგილების მიმართულება,  $V_1$  სიჩქარით.

ტექნოლოგიური მოდულის (ურიკა დაკიდების მექანიზმით) მოძრაობის მიმართულება,  $V_2$  სიჩქარით.

ტექნოლოგიურ მოდულთან დაკომპლექტებული ფრეზის მოდულის განი (B).



**ნახ. 1. ელექტროფიცირებული ხიდური აგრეგატის პრინციპული სქემა**

- ბ.1, ბ.3 და ბ.2, ბ.4 - ხიდის უკანა და წინა გვერდითი მდგომარეობის ბლოკ-კონტაქტები (ბ.კ.) შესაბამისად.
- ბ.5 და ბ.6 - ურიკას მარჯვენა და მარცხენა მდგომარეობის ბ.კ. შესაბამისად.
- ბ.7, ბ.9 და ბ.8, ბ.10 - ბორბლების ზედა და ქვედა მდგომარეობის ბ.კ. შესაბამისად.
- ბ.11 - ხიდის რელსებზე დგომის განმსაზღვრელი ბ.კ.
- ძ. 3 ძ. 4 - ძ. 5 - სხვადასხვა სიმძლავრის ძრავები.

ხა-ის უნივერსალობა იძლევა საშუალებას მექანიზმის, რომ იგი მივიჩნიოთ არა მარტო მექანიზაციის, არამედ ავტომატიზაციის, რო-

ბოტიზაციისა და კომპიუტერიზაციის გამოყენების ობიექტად.

აღსანიშნავია, რომ ხა-ი, ორი ათეული წლის უკან შექმნა ქ.ქუთაისში ელექტროინჟინერმა გ.ხელაძემ. ჩვენი მიზნია ამ ობიექტის პოპულარიზაცია ფერმერთა შორის სათანადო რესურსდამზოგი მასალების გამოყენებითა და ეკონომიურობის დასაბუთებით, თუმცა სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები მასზე ჩატარებული არ ყოფილა.

ხი-ს ემსახურება ხუთი ელექტროძრავა: ორი ძრავა 1 კვტ-იანი ხა-ის გადასაადგილებლად ნაჩვენებ ფართობზე ( $F=CL, \rho$ ); ერთი ძრავა 3 კვტ-იანი ტექნოლოგიურ მოდულზე დაკომპლექტებული ფრეზის მუშაობას, ხოლო თითო-თითო ძრავი 0,8 კვტ-იანი გამოყენებულია ტექნოლოგიური მოდულისა და ჯალამბრის მოძრაობაში მოსაყვანად.

ამავე თავში წარმოგიდგენთ ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების შედეგებს, სასოფლო-სამეურნეო მანქანების შერჩევის მიზანით, როგორც მცირე, ასევე დიდი მექანიზაციის ტექნიკური საშუალებებიდან ძირითადი სამუშაოების შესასრულებლად შერჩეულ ხა-თან კონსტრუქციულად ადვილად დასაკომპლექტებელ მანქანათა კომპლექსს- რომელებსაც შეუძლიათ ჩაატარონ რიგი სამუშაოები როგორცაა: ნიადაგის დამუშავება, სამიზნე ფართობზე ბიოპრეპარატებისა და ბიოსასუქების შეტანა, მრავალჯერადი მორწყვა, თესვა, ჩითილების რგვა და სხვა. თითოეული მანქანის ხა-თან მუშაობის საკითხი ცალკე კვლევის ობიექტია, რის გამოც ნაშრომი, როგორც ზემოთ აღინიშნა მხოლოდ ნიადაგის დამუშავებას ეხება, დაკიდებულ ფრეზის მაგალითზე.

**ნაშრომის მეორე თავი** ეძღვნება ხა-ის ძირითადი კვანძებისა და დეტალების შერჩევასა და საინჟინრო გაანგარიშებებს, რაც საშუალებას გვაძლევს შემდგომში (მეხუთე თავში) შეგვეძლოს ხა-ისათვის საჭირო სორტამენტების, სამაგრი და სამშენებლო მასალების, ძრავების, რედუქტორების, დეტალების დამზადების, აწყობითი სამუშაოების და სხვა აქსესუარების ღირებულებების გაანგარიშება. ყოველივე ზემოთაღნიშნული აუცილებლობას წარმოადგენს ეკონომიკური ეფექტიანობის გამოსავლენად.

მესამე თავში გადმოცემულია ხა-ის ცალკეული კვანძების ფუნქციონირების თეორიული გამოკვლევები, მისი ამძრავების შერჩევა, ხა-ის ტექნოლოგიური მოდულის მუშაობის დინამიკური ანალიზი ფრეზირებისას, მისი საექსპლოატაციო რეჟიმები და სხვა. განვიხილოთ ტმ-ის მუშაობა.

ტმ-ი მოძრაობის დროს გამოიმუშავებს კინემატიკურ ენერგიას, რომელიც საბოლოოდ გამოითვლება ცნობილი ფორმულით

$$E = \frac{GV^2}{2g} + \frac{I\omega^2}{2} = M_{\text{დაყ}} \frac{V^2}{2} \quad (1)$$

სადაც  $G/g$ - ტმ-ის მასაა, კგ;  $V$  ტმ-ის გადაადგილების (ბაგირი) სიჩქარე, მ/წმ;  $I$ -ფრეზის ბრუნავი ნაწილების ინერციის მომენტი, კგმ<sup>2</sup>;  $\omega$ -ფრეზის კუთხური სიჩქარე, წმ<sup>-1</sup>;  $M_{\text{დაყ}}$  ტმ-ის მბრუნავი და სწორხაზობრივ-გადატანით მოძრაობაში მყოფი ნაწილების დაყვანილი მასები, კგ; ხოლო ტმ-ის მიერ შესრულებული მუშაობა რომელიც  $E$ -ს ადეკვატური იქნება გამოითვლება ფორმულით

$$du = (P_x - P_g - P_{\text{ფრ}}) \cdot v dt \quad (2)$$

რადგან ტმ-ის დამყარებული მოძრაობის შემდეგ ( $V=const$ ) ფრეზის ინერციის მომენტი  $I = M \frac{dv}{dt}$  აღარ არსებობს, (2) მიიღებს სახეს

$$P_x = P_g + P_{\text{ფრ}} \quad (3)$$

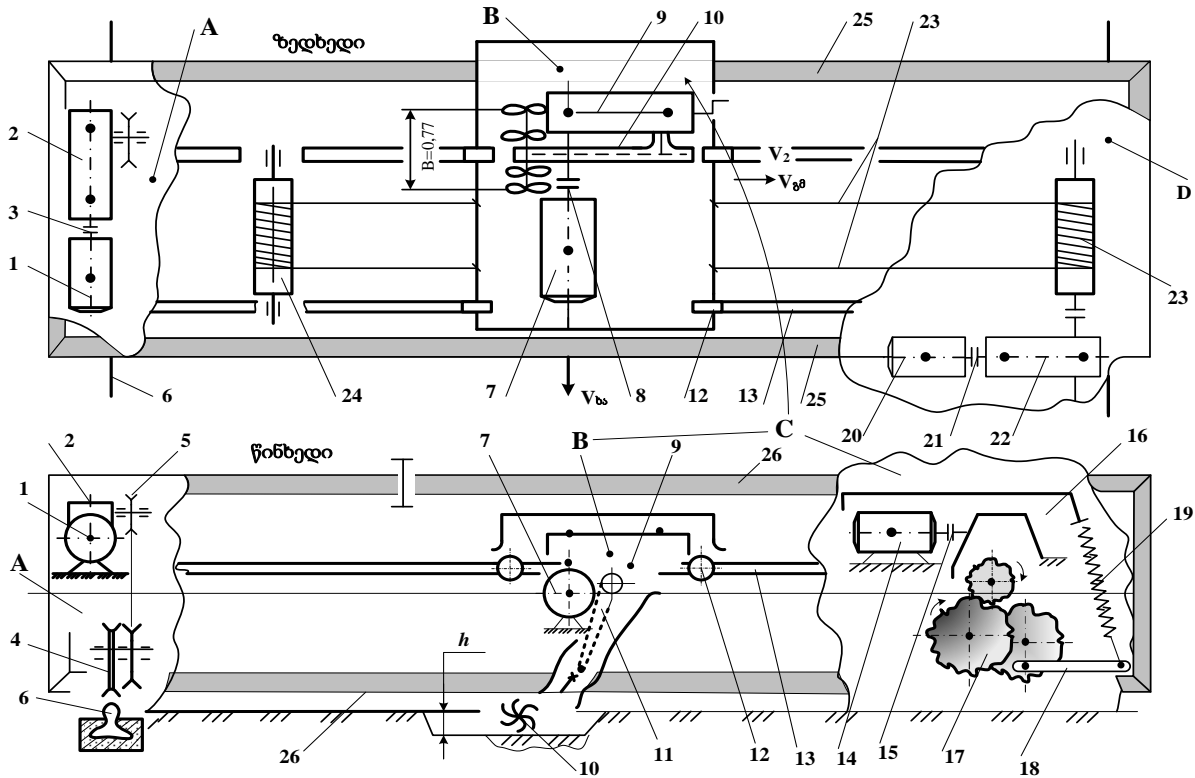
სადაც  $P_x$ -ტმ-ის ჯალამბრის მიერ განვითარებული წევის ძალა, კგ;

$P_g$  - გადაადგილების წინააღმდეგობა კგ;  $P_{\text{ფრ}}$  -ფრეზის წინააღმდეგობა, კგ;

ამრიგად ტმ-ის მოძრაობა, ისე როგორც თვით ხა-ისა შეიძლება აღწერილ იქნას ლაგრანჟის მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებით, რომელიც საფუძვლად უდევს მოძრავი სხეულების დინამიკური ქმედების პრინციპებს და არ განსხვავდება სხვა კონსტრუქციების მქონე მოქმედი ობიექტებისაგან. მხედველობაში გვაქვს სატრაქტორო, სატრანსპორტო და სხვადასხვა დანიშნულების აგრეგატები.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია არსებული (მოქმედი) ხა-ის კინემატიკური

სქემა ენერგიის წყაროების ჩვენებით. სქემაზე ცენტრში ნაჩვენებია ჩვენს მიერ გაუმჯობესებული კონსტრუქციის ტმ-ი (B), რომელიც წარმოადგენს სხვადასხვა მანქანების ხა-ზე დაკიდების სისტემას. ტმ-ი მოძრაობს მარჯვნივ და მარცხნივ ელძრავითა და ჯალამბრით, რომელიც ექაჩება ბაგირს, ტმ-ის ურიკა გორავს რელსებზე.



ნახ. 2 ხიდური აგრეგატის კინემატიკური სქემა

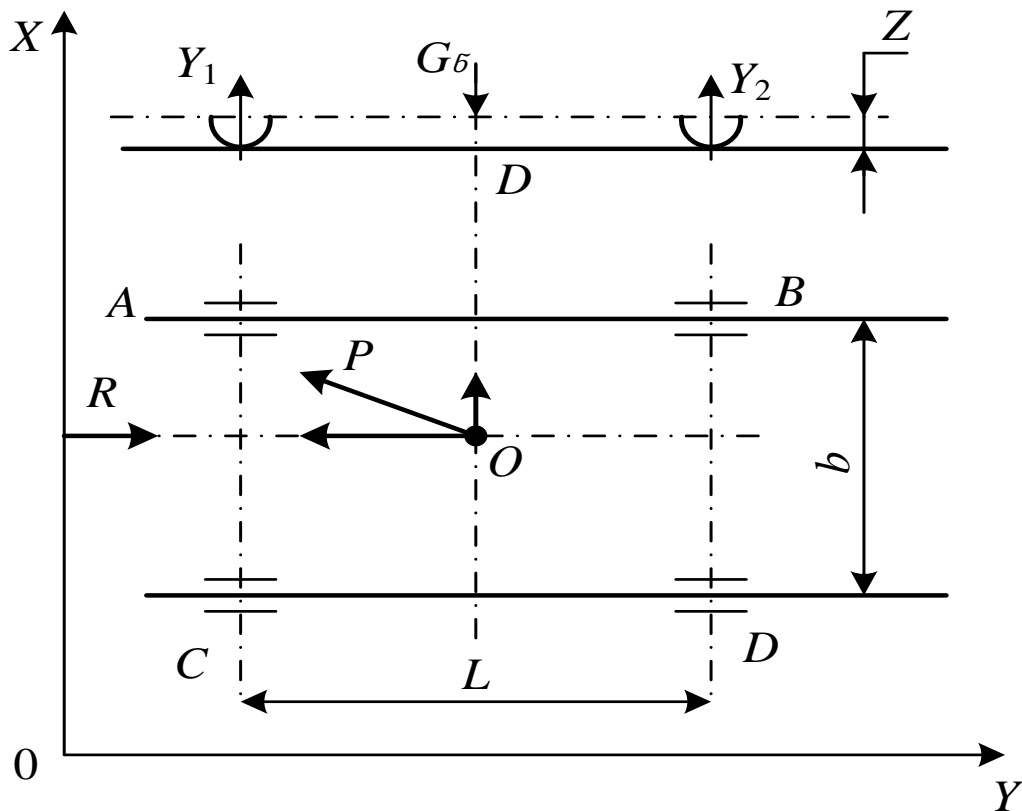
- A- ხა-ის ამძრავი: 1-ელექტროძრავა; 2-რედუქტორი; 3-ქურო; 4-ხა-ის თვალი; 5-ჯაჭვური გადაცემა; 6-რელსი ბეტონის საფუძვლით.
- B- ტექნოლოგიური მოდული: 7-ელექტროძრავა; 8-ქურო; 9-რედუქტორი; 10-ფრეზი; 11-ფრეზის ტრანსმისია; 12-ურიკის თვლები; 13- მცირე რელსი
- C- ტმ-ის საკიდი მექანიზმი: 14-ელექტროძრავა; 15-ქურო; 16-რედუქტორი; 17 გა-რეკვილანური გადაცემა; 18-ჭოკი; 19-ზამბარა;
- D- ჯალამბარი: 20 -ელექტროძრავა; 21-ქურო; 22-რედუქტორი; 23-ტროსის წამყვანი ლილვი; 24-ტროსის ამყოლი ლილვი.
- B+C- ტექნოლოგიური მოდული: (დახაზულია ცალ-ცალკე სირთულის გამო); 25- ხა-ის ჩარჩო (ზედხედში); 26-ხა-ის ჩარჩო (წინხედში); სქემაზე მარჯვენა წამყვანი თვალი გამოხაზული არაა.

დატვირთვები ხა-ის საყრდენ-სავალ თვლებზე ზოგჯერ გადა-ნაწილდება სიმეტრიულად, ზოგჯერ გრძივი და განივი მიმართუ-ლებით. ეს დატვირთვა ხიდური აგრეგატის მოედანზე დააგრეგატი-რებული სხვადასხვა აქსესუარების წონის არსებობის გამო იცვლება,



როგორებიცაა სახელოსნო ჯიხური, სახელოსნოს აღჭურვილობა. ტმ-ზე მაგრდება ნიადაგდამამუშავებელი მანქანა - ფრეზი და მისი ამძრავი მექანიზმი (ჯალამბარი, ჩარჩო, ფერმა, კარდანის ლილვი, რედუქტორი, გარე გადაცემა და ელექტროძრავა) და სხვადასხვა აქსესუარები.

ტმ-ის შეუფერხებელი გადაადგილების უზრუნველყოფისათვის საჭიროა ურიკის თვლების მიმმართველებში გაჭედვის თავიდან აცილება



ნახ. 3 ტექნოლოგიური მოდულის (ურიკის) დინამიკური წონასწორობის საანგარიშო სქემა, წინხედი (ზემოთ) და ზედხედი (ქვემოთ)

ურიკის გამარტივებულ სქემაზე (იხ.ნახ.3) ნაჩვენებია ოთხი საყრდენი წერტილი: A, B, C და D სტატიკურად განუსაზღვრელი სისტემა. დინამიკურ და სტატიკურ მდგომარეობაში იგი დატვირთულია წონა  $G_{\delta}$  ძალით, ელექტროძრავა, რედუქტორი, ჯალამბარი, რომელიც უზრუნველყოფს ურიკის მოძრაობას მიმმართველებში რეაქციის ძალებით P, ფრეზირების წინააღმდეგობის

ძალით  $R$ . შედგენილია აღნიშნულ წერტილებში დატვირთვების დინამიკური წონასწორობის საანგარიშო მოდელი (4)

წონა ძალა წარმოადგენს სამუშაო ორგანოზე მოქმედ ჯამურ ვერტიკალურ ძალას. იგი ნაწილდება საყრდენ გორგოლაჭებზე ურიკის მოძრაობისას და მიმმართველებში წარმოქმნიან გადაადგილების საწინააღმდეგო ძალებს. აგრეთვე შეუღლებებში ჩადგმული საკისრების ამძრავი ძალები და მათ მიერ შექმნილი მომენტი აიძულებენ ურიკას შემობრუნდეს მოძრაობის მიმართულებიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ.

როგორც აღინიშნა ტმ-ზე მოქმედებს სამი სხვადასხვა ძალა: პირველი ჯალამბარის მიერ შექმნილი ტროსით გაქაჩვის ძალა  $P$ , ტმ-ზე დააგრეგატირებული წინააღმდეგობის ძალა  $R$  და ტმ-ის საერთო წონა ძალა  $G_6$ , რომელიც აწეულია პორიზონტალური მდგომარეობიდან  $Z_0$  მანძილით, ( რადგან აქ თავსდება ტმ-ის დახრილი შეგუების ჩარჩო და თვით ფრეზი .  $G_6$  ნომინალური დატვირთვა ნაწილდება ოთხ საყრდენ საგორავზე  $A B C D$ ;  $G/4$  ძალა რჩება მუდმივი ხა-ის უკან დაბრუნების დროსაც და ეს გრძელდება მანამ, სანამ არ დამთავრდება ფართობის  $F=CL^2$  ფრეზირება. ამ დროს სამუშაო სვლების რაოდენობა  $n_{სს}=L/B$ , სადაც  $B$  აგრეგატის მოდების განია მ-ში. ( $B=0,7$  მ.)

ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობისას ფრეზის წინააღმდეგობის ძალა  $R$  არ შეიძლება მდებარეობდეს იდეალურად  $O$  წერტილში, რადგან ნიადაგის წინააღმდეგობა მოდების მთელ განზე იცვლება, ხოლო წვევის ხაზი იხრება კუთხით  $a$ , რაც წარმოქმნის საყრდენ -მიმმართველებში ურიკის თვლების გაჭედვის საშიშროებას ურიკის შემომბრუნებული მომენტის  $M$  წარმოქმნის გამო.

ამრიგად ტმ-ის საყრდენი ურიკის თვლებში დატვირთვის სიდიდეები იქნება

$$\left. \begin{aligned}
 A &= \frac{G+P}{4} + M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(G+P)Z_0}{cl} \right]} - M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 + \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\
 B &= \frac{G+P}{4} - M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(G+P)Z_0}{cl} \right]} - M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 - \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\
 C &= \frac{C+P}{4} + M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(C+P)Z_0}{cl} \right]} + M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 + \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\
 D &= \frac{C+P}{4} - M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(C+P)Z_0}{cl} \right]} + M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 - \frac{(C+P)Z_0}{cb} \right]}
 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ავლიშნოთ ტმ-ის ურიკის თვლების ღერძზე მოსული დატვირთვები  $y_1$  და  $y_2$ ; როგორც ჩანს ორივე ამ ძალის ვექტორები მოდებულა საგორავების გეომეტრიული ღერძების ცენტრში  $O$  წერტილში (ზედხედში) და  $D$  წერტილში (წინხედში).

ურიკის გადაადგილების დროს თავის მიმმართველებში გაჭედვის თავიდან აცილების მიზნით რაც გამოწვეულია აგრეთვე ხახუნის ძალებითაც ძალაში უნდა იყოს პირობა (უტოლობა) სახით

$$R = P_{\text{ბაჟ}} > x_A + x_B \quad (5)$$

სადაც  $P_{\text{ბაჟ}}$  - ჯალამბრის ბაგირის გაქაჩვის მაქსიმალური ძალაა,  $x_A, x_B$  შეუღლებებში ხახუნის ძალებია,  $R$ -ბაგირზე მოსული დატვირთვის მაქსიმალური ძალაა.

ამავე თავში წარმოდგენილია ხიდური აგრეგატის გამოყენებით ნიადაგის ფრეზირების დინამიკური გამოკვლევა.

ხა-ის როგორც სასოფლო-სამეურნეო აგრეგატის სტატისტიკური დინამიკის (იგივე რაც სტატისტიკური მექანიკა) ძირითადი მახასიათებელია მექანიკური მოძრაობა, რომელიც მოიაზრება არა დეტერმინიზმის, არამედ ინდეტერმინიზმის სფეროში. ეს უკანასკნელი გულისხმობს მოძრაობაში მონაწილე ყველა მოვლენის ცვალებად ბუნებას და მათ ერთმანეთზე მოქმედებასაც. მაგალითად, ნიადაგის დამუშავების დროს წვევის ძალის ცვალებადობა მერყეობს მისი სიდიდის 30 %-ის ფარგლებში და საანგარიშოდ მიღებულია მისი საშუალო მნიშვნელობა.

სტატისტიკური მექანიკის აზრით ყველა სასოფლო-სამეურნეო ოპერაცია წარმოადგენს ე.წ. "შავ ყუთს" მათში შემავალი და გამომავალი პარამეტრებით.

შემავალი პარამეტრებია:  $R(t)$  – ნიადაგის წინაღობა, რომელიც იწერება ტენზომეტრირებით ან დინამომეტრებით და მოცემულია ლიტერტურაში.

$\varphi(t)$  – ფრეზის გადახრა სწორხაზოვანი მიმართულებიდან მ-ში;

გამომავალი პარამეტრებია:  $N(t)$  – დახარჯული ძალა ან სიმძლავრე შესაბამისად კგ-ში ან კვტ-ში;

$z(t)$  - დაქუცმაცებული ბელტის მაქსიმალური ზომაა, მმ-ში; (დაქუცმაცების ხარისხი).

საჭიროდ მიგვაჩნია აღვნიშნოთ, რომ მოცემული მაგალითისათვის ხა-ის და არა სატრაქტორო აგრეგატის ძალურ-ენერგეტიკული დანახარჯები იმდენად მნიშვნელოვანი არაა, რამდენად ნიადაგის დამუშავების (დაქუცმაცების) ხარისხი, რამეთუ ეს ფაქტორი მნიშვნელოვანია ბოსტნეული კულტურების აღმოცენების საქმეში და პირდაპირ მოქმედებს მოსავლიანობაზე ამიტომ ჩვენი ექსპერიმენტალური სამუშაოები სწორედ ამ მიმართულებით წარიმართა.

აქ ბუნებრივად დგება შემავალი და გამომავალი პარამეტრების დაკავშირების საკითხი ე.წ. ოპერატორის ( $W$ ) საშუალებით, რაც უნდა ჩანდეს პროცესზე მოქმედი დინამიკური პარამეტრები.

$$y(t)=Wx(t) \quad (6)$$

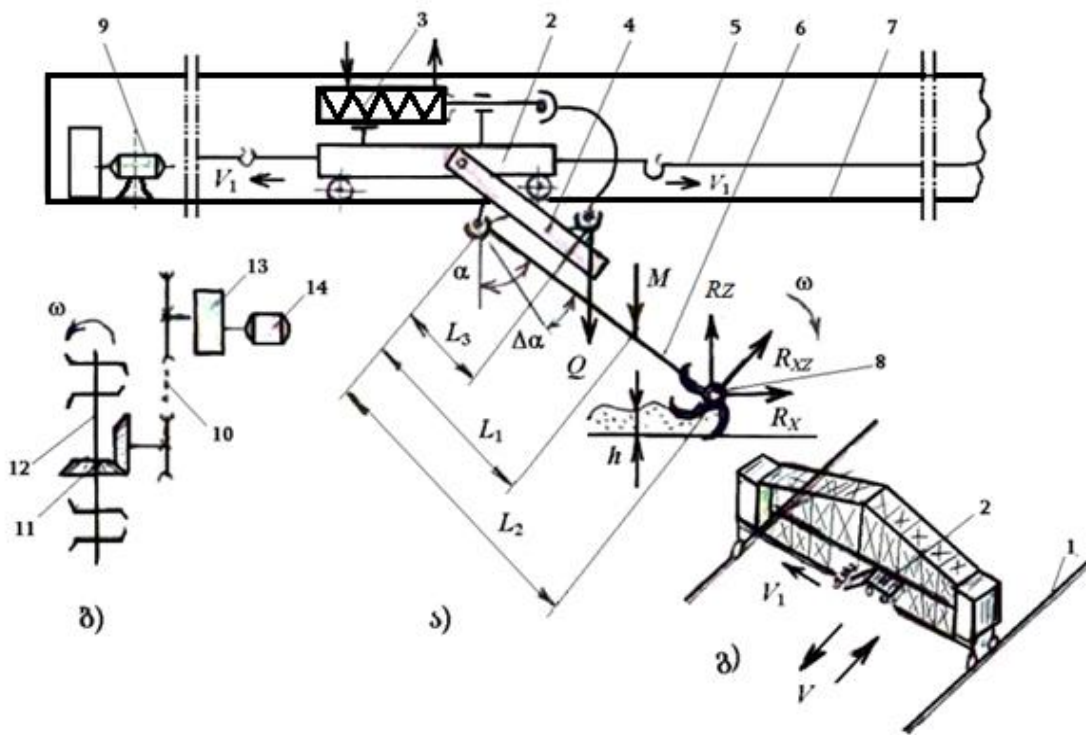
ოპერატორის ანალიზური განსაზღვრა რიგ შემთხვევაში რთული ამოცანაა, რადგან ისინი ხშირად არ არიან არგუმენტებსა და ფუნქციებს შორის წრფივ დამოკიდებულებაში, ამიტომ აქ იყენებენ ე.წ. იდენტიფიკაციის (გაწრფივების, ლინეარიზაციის) მეთოდს, რაც აიოლებს კვლევას. ამ მეთოდებიდან ერთ-ერთია „რეგრესის“ მეთოდი, რაც გულისხმობს ემპირიული დამოკიდებულებების პოვნას. ეს პროცესი ეყრდნობა შემთხვევითი ფუნქციების თეორიას, რომელიც მიიღება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდოლოგიით (პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობა , გადახრები , დისპერსია, კო-

რელაციური და სპექტრული ანალიზი და ა.შ.)

ფრეზირების დინამიკური პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულების გარკვევის მიზნით შევეცადოთ გამოვიყენოთ მისი გამარტივებული სქემა (იხ.ნახ.4) და ვისარგებლოთ დიფერენციალური განტოლებით

$$I\ddot{\alpha} = ML_1 \sin \alpha - R_z L_2 \sin \alpha - R_x L_2 \cos \alpha + Ql_3 \sin \alpha \quad (7)$$

სადაც:  $I$  - დაკიდებული ფრეზის მასის ინერციის მომენტი კგმ<sup>2</sup>;  $\alpha$  - დაკიდებული ფრეზის სადავის დახრის კუთხე, გრადუსებში;  $M$  - ფრეზის მასა ტექნოლოგიურ მოდულთან ერთად, კგ (ტ);  $L_i$  - მომენტების განსაზღვრის მხარი, მ;  $R_z, R_x$  - ფრეზისადმი ნიადაგის წინააღმდეგობის ძალები ფრეზის დისკის ცენტრში, ნ; რომლებიც  $R_x, R_z$  დაშლის შემდეგ წარმოიშობა.



ნახ. 4 ნიადაგის ფრეზირების დინამიკური პარამეტრების გაანგარიშების გამარტივებული სქემა- ა); ფრეზის კინემატიკური სქემა - ბ); აქსონომეტრია -გ)

გ)- 1-ხიდური აგრეგატი რელსებით; 2- ტექნოლოგიური მოდული; ა)- 3- დაკიდების მექანიზმი; 4- ფრეზის დამუშავების სიღრმეზე დაყენების ჩარჩო; 5- ჯალამბრის ტროსი; 6- სადავე; 7- ტექნოლოგიური მოდულის სამოდრაო რელსები; 8- ფრეზი; 9- ჯალამბრის ამძრავი; ბ)-10- გარე გადაცემა; 11- კონუსური გადაცემა; 12- მუშა ორგანო (ფრეზი); 13- რედუქტორი; 14- ელძრავი;  $V_1$  - ფრეზის მოძრაობის მიმართულება;  $V$  - ხა-ის მოძრაობის მიმართულება.

აგრეგატის დამყარებული მოძრაობის დროს  $v=const$  ინერციის მომენტი არ არსებობს და ბოლო განტოლება გაუტოლდება 0-ს, ანუ თუ ფრეზი მოძრაობს თანაბარი სიჩქარით (წონასწორობის რეჟიმში), შეიძლება გავანალიზოთ ფრეზის მოძრაობის განტოლება და რიგი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ ოპერატორის  $W$  გამოსახულებას.

$$ML_1 \sin \alpha - R_z L_2 \sin \alpha - R_x L_2 \cos \alpha + Q L_3 \sin \alpha = 0 \quad (8)$$

ბუნებრივია ფრეზის არათანაბარი მოძრაობის დროს ძალური ფაქტორები  $R_z^0$ ,  $R_x^0$  და  $Q^0$  მიიღებენ მყისიერ მცირე ძალებს (ნაზრდებს),  $\Delta \alpha$  ცვალებადობის გამო  $R_z = R_z^0 + \Delta R_z$ ;  $R_x = R_x^0 + \Delta R_x$ ;  $Q = Q^0 + \Delta Q$ , რომლის შედეგად ფრეზის სადავე დაიხრება კუთხით  $\alpha = \alpha_0 + \Delta \alpha$ ; სადაც „0“-ოვანი მაჩვენებელი შეესაბამება ფრეზის დამყარებულ მოძრაობას. რადგან  $\Delta \alpha$  მცირეა შეიძლება მივიღოთ  $\sin \Delta \alpha \approx \Delta \alpha$  ან  $\cos \Delta \alpha = 1$ , მაშინ (7) მიიღებს სახეს

$$I \ddot{\alpha} = ML_1 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) - (R_z^0 + \Delta R_z) L_2 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) - (R_x^0 + \Delta R_x) L_2 \cos(\alpha_0 + \Delta \alpha) + (Q^0 + \Delta Q) L_3 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) \quad (9)$$

თუ ამ ფორმულაში გავითვალისწინებთ ზემოთხსენებულ ნაზრდებს მივიღებთ

$$R_x = f_1(\alpha, \dot{\alpha}, t); \quad R_z = f_2(\alpha, \dot{\alpha}, t) \quad (10)$$

ლინეარიზაციის მიზნით გამოვიყენებთ ტეილორის დაშლის მეთოდს, (პირველი ორი წევრის სახით) რის შედეგადაც მივიღებთ სადავის რხევის შესაბამის ფორმულას  $I \ddot{\Delta \alpha} = B \ddot{\Delta \alpha} + C \Delta \alpha = D f(t)$ , ხოლო აქ ნაზრდების და B, C, და D კოეფიციენტების გათვალისწინებით აღნიშვნების შემოღების შემდეგ დავდივართ სახემდე

$$T_1^2 \ddot{\Delta \alpha} + T_2 \ddot{\Delta \alpha} + \Delta \alpha = K f(t) \quad (11)$$

სადაც  $T_1$  და  $T_2$  არის ინერციული და დემფირული (ჩამხშობი) მოვლენების აღმნიშვნელი სიდიდეები,  $K$  - სადავის დაწოლის კოეფიციენტი,  $f(t)$ - ფრეზის მოსალოდნელი აგზნება.

შემდგომი გარდაქმნები საშუალებას იძლევა მივიღოთ ოპერატორის-გადამცემი ფუნქციის სახე

$$W = \frac{K}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1} \quad (12)$$

რომლის საფუძველზე მიღებული კვადრატული განტოლების  $T_1^2 P^2 + T_2 P + 1 = 0$  ფესვები წარმოადგენენ ფრეზის სადავის რხევას  $\Delta\alpha$  კუთხით

$$\Delta\alpha = K \left( 1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t} \right) \quad (13)$$

სწორედ ესაა ფრეზის „გადამცემი ფუნქციის“ ანალიზური გამო-სახულება, მათემატიკური მოდელი. მიღებული  $\Delta\alpha$ -ს მნიშვნელო-ბები გათვალისწინებული უნდა იყოს დაპროექტების დროს რხევი-თი მოვლენების სასარგებლო დონეზე დასაყვანად.

ამავე თავში განხილულია აგრეთვე ფრეზების მუშაობის თავისე-ბურებები ნ.ი.კლიონინის, ვ.ა.საკუნის, ა.ბ.ლურიეს და სხვების მიერ დამუშავებული მეთოდების მიხედვით და აგრეთვე ხა-ის საექ-სპლოატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაცია ენერგომოთხოვნების კრიტე-რიუმით.

ხა-ის ენერგეტიკული წყაროს შერჩევის მიზნით, განხორციე-ლებულია რიგი საინჟინრო გაანგარიშებები და მიღებულია სისტე-მის მოძრაობის სიჩქარე, აჩქარება, გადაადგილებისათვის საჭირო ძა-ლები, სიმძლავრეები და ა.შ. მაგრამ თანამედროვე მოთხოვნებიდან გამომდინარე ეს საკმარისი არაა. საჭიროა თეორიულად იქნას შეს-წავლილი სისტემის ე. წ. გარდამავალი რეჟიმების ხასიათი, მოტანი-ლი პარამეტრების, კერძოდ სიმძლავრის კორექტირების მიზნით.

კვლევითი თვალსაზრისით ხა-ი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. ე.წ. გარდამავალი პროცესების დროს უნდა შეიზღუდოს აჩქა-რებები. დასაშვებ ზღვრებში საუბარია ისეთ მოვლენებზე, რომლებ-მაც ხშირად შეიძლება იჩინოს თავი ხა-ის მუშაობის პროცესში სხვა-დასხვა რეჟიმების დროს სავალი თვლების ბუქსაობის ან გაქანე-ბისას, ან მყისიერი დამუხრუჭებისას.

2. ელექტროძრავს უნდა ჰქონდეს რევერსირების შესაძლებლობა (საშუალება), როგორც ძრავის მუშაობის, ასევე დამუხრუჭების პრო-ცესში.

ხა-ში დინამიკური დატვირთვები წარმოიშობა სხვადასხვა რეჟიმის დროს (გაშვება, გაჩერება, რევერსი და სხვა), როცა ძრავის მიერ განვითარებული მომენტის  $M$  შეწონასწორება სწარმოებს ძრავის ლილვზე განვითარებული სტატიკური მომენტით  $M_{სტ}$  და ძალური მექანიზმების დინამიკური მომენტებით  $M_{დინ}$  წარმოქმნილი ინერციის ძალებით. ზოგადად ამ სისტემის მოძრაობის განტოლება ასე გამოისახება

$$\pm M = M_{დინ} \pm M_{სტ} \quad (14)$$

სადაც, თავის მხრივ

$$M_{დინ} = I_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}, \quad (15)$$

აქ ძრავის როტორისა და მბრუნავი ნაწილების (მასების) დაყვანილი ინერციის მომენტია

$$I_{\Sigma} = KI_{ა} + m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_{ა}} \right)^2 \quad (16)$$

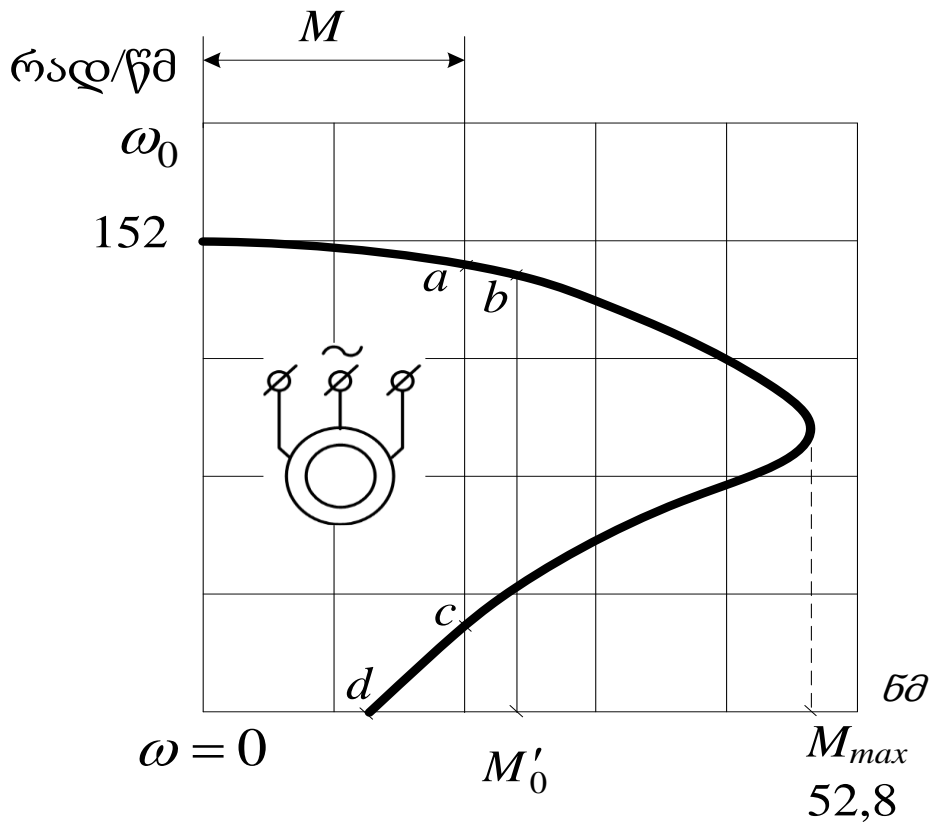
სადაც  $m_{\Sigma}$ -ხმ-ის სწორხაზობრივ მოძრაობაში მყოფი ელემენტების ჯამური მასაა, კგ; ხოლო  $K$ -დაზღვევის კოეფიციენტი. აქ საჭიროა გავითვალისწინოთ კიდევ ერთი კოეფიციენტი  $\eta$ . აჩქარების დროს ენერგია მიდის ძრავიდან ტრანსმისიისკენ, ხოლო დამუხრუჭების დროს პირიქით-ტრანსმისიიდან ძრავისკენ, ანუ შესაბამისად (16) - დან გვექნება

$$I_{\Sigma} = KI_{ა} + \left[ m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_{ა}} \right)^2 \right] \cdot \eta; \quad I_{\Sigma} = KI_{ა} + m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_{ა}} \right)^2 \cdot \eta \quad (17)$$

ამრიგად ხა-ის ტრანსმისიებში გარდამავალი პროცესების დროს წარმოქმნილი დანაკარგების გათვალისწინება გამორიცხავს ძრავის სიმძლავრის შერჩევის პროცესში უხეშ შეცდომებს.

ჩვენს მიერ ხა-ის სიმძლავრის, მგრეხავი მომენტის და კუთხური სიჩქარის ანგარიში ჩატარდა ცნობილი მეთოდებით და მიღებულ იქნა შემდეგი ძირითადი პარამეტრები  $N_{ა}=3,3$  კვტ;  $M_{ნომ}=21,75$ მ;  $\omega_{ნომ}=152$ რად/წმ.





ნახაზი 5. ასინქრონული ძრავას მექანიკური მახასიათებლის დამახასიათებელი წერტილები

ამ მონაცემების საფუძველზე კატალოგებიდან შევარჩიეთ და დავაზუსტეთ ძრავების სათანადო პარამეტრები, გამოვიყენეთ აკად. რ. მახარობლიძის თეორია და ავაგეთ ელძრავის მექანიკური მახასიათებელი (იხ.ნახ.5), რომლისთვისაც მიღებულია წრფივი კორელაციური დამოკიდებულება  $M = 455,7 - 2,7\omega$

ამრიგად პრაქტიკაში აჩქარებისა და დამუხრუჭების დროს ორიენტირად შეიძლება მივიღოთ: ხა-ის მოძრაობის დაწყებად 3-5 წმ, ხოლო ტექნოლოგიური მოდულის ამძრავის გაშვებაზე 10-15 წმ.

მეოთხე თავში წარმოვადგენთ ექსპერიმენტალურ გამოკვლევას ჩვენს მიერ დაკიდებული ფრეზის მიერ ნიადაგის დამუშავების, ხარისხის დასადგენად. გაზომილ იქნა ფრეზის მიერ დამუშავებულ ზედაპირზე დაქუცმაცებული მასის შემადგენელი უფორმო ბელტების მაქსიმალური სიგრძე ( $L_i$ ), შედეგების დამუშავება მოხდა მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის გამოყენებით. გა-

ნისაზღვრა ბელტების ზომების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა, საშუალო კვადრატული გადახრა და ვარიაციის კოეფიციენტი. ზომების ცვლილება დაემორჩილა ნორმალური განაწილების კანონს.

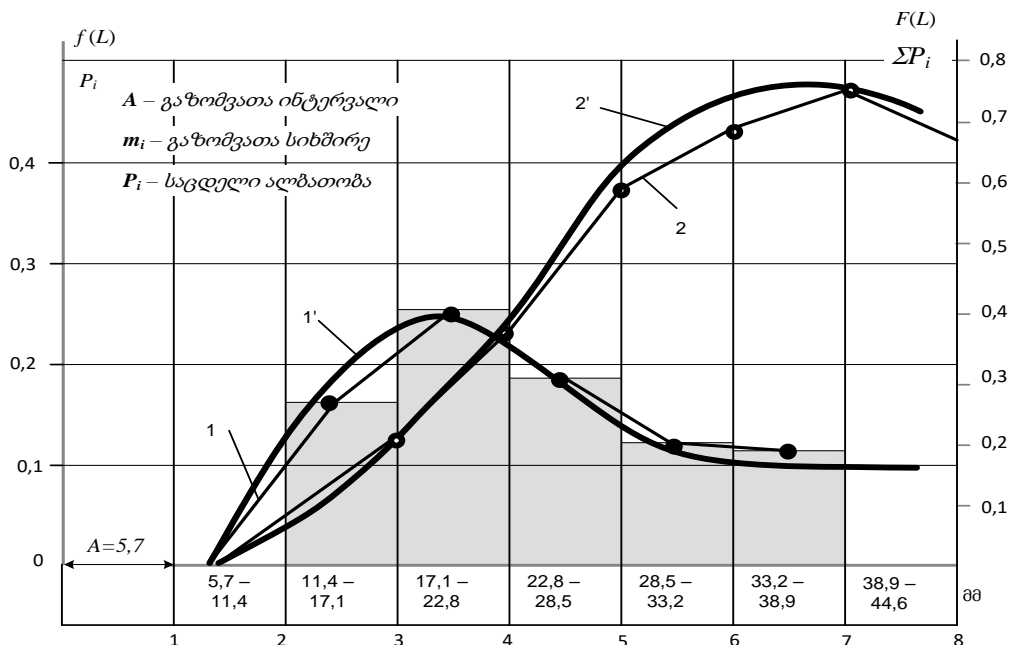
შერჩეულ იქნა განაწილების ფუნქციის  $f(L)$  მნიშვნელობები. საკვლევი პარამეტრის ოპტიმალური ზომების თეორიული და სტატისტიკური განაწილების ფუნქციების ადეკვატურობა შემოწმებულ იქნა ვეიბულის კრიტერიუმის მიხედვით, რომლის საფუძველზე აგებულ იქნა გრაფიკი (იხ.ნახ. 6)

როგორც ცნობილია ვეიბულის განაწილების კანონს, სიმჭიდროვის განაწილების მიხედვით შემდეგნაირად გამოისახება

$$f(L) = \frac{b}{a} \left(\frac{L}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{L}{a}\right)^b\right] \quad (18)$$

სადაც  $a$ ,  $b$  და სხვა პარამეტრების სტანდარტული ცხრილიდან აღებისა და სათანადო გამოთვლებით ვლებულობთ დიფერენციალურ ფუნქციას (ალბათობის სიმკვრივეს) საბოლოო სახეს

$$f(L) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{L}{20,6}\right)^{2,1}\right] \quad (19)$$



ნახ. 6. ბელტის ოპტიმალური ზომების განაწილება ხა-ის ტმ-ით ნიადაგის ფრეზირების დროს.

- 1.1<sup>1</sup>-სტატისტიკური რიგის ჰისტოგრამა და გლუვი მრუდი (ვეიბულის ფუნქცია)
- 2.2<sup>1</sup>- ინტერგრალური (მათემატიკური) ფუნქცია

ცნობილია, რომ ფრეზის კინემატიკური პარამეტრის  $\lambda$ -ს გარდა ბელტის დაქუცმაცების ზომებზე დამატებით გავლენას ახდენენ: ნიადაგის ტიპი, ტენიანობა, ზედაპირული მდგომარეობა (ნახნავი, ნასვენნი, კულტივირებული და ა.შ.): ამ ფაქტორებიდან ყველაზე არსებითი ჩვენი აზრით არის მიწოდება  $\lambda$  და ტენიანობა  $T$ . ეს ორი არგუმენტი  $\lambda$  და  $T$  მიღებულ იქნა ორფაქტორიანი ექსპერიმენტების დაგეგმვისათვის  $Y = f(x_1, x_2)$  და ჩატარდა სათანადო კვლევა არსებული მეთოდის გათვალისწინებით, რის საფუძველზეც მიღებული იქნა შემდეგი სახის რეგრესიული განტოლება  $y = 28,5 + 7,25\lambda$ . სადაც 28,5 თავისუფალი წევრია და ეტოლება ბელტის საშუალო მნიშვნელობას მმ-ში; როგორც რეგრესიული განტოლებიდან ჩანს მეორე ფაქტორი - ტენიანობა დაქუცმაცების ხარისხზე ვერ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას.

ექსპერიმენტის ჩატარებისას გამოირკვა, რომ ნიადაგის დამუშავების დროს ფრეზზე მოქმედებენ ჰორიზონტალური, ვერტიკალური და დახრილად მოქმედი (გალოპირებული) ვიბრაციები. საავტომობილო ამორტიზაციებით მათი მთლიანი ჩახშობა მიზანშეწონილი არაა, რადგან საერთო ზომიერი ვიბრაციები პირიქით ეხმარება ფრეზირების პროცესს და განაპირობებს ნიადაგის დამუშავების მაღალ ხარისხს.

**ნაშრომის მე-5 თავი** ეძღვნება სადისერტაციო ნაშრომის ეკონომიკური ეფექტიანობის გაანგარიშებას, რომელიც გათვალისწინებულია საქართველოს ე.წ. ორგანული სოფლის მეურნეობის ინტერესებიდან გამომდინარე;

- განისაზღვრა შერჩეული კულტურების მოვლა-მოყვანით მიღებული წმინდა მოგება, რამაც შეადგინა 7125 ლარი/სეზონზე.

- განისაზღვრა ხიდური აგრეგატის, როგორც ტექნოლოგიური დანადგარის დამზადებასა და საექსპლოატაციოდ საჭირო დანახარჯი და შეადგინა 11448 ლარი.

- კაპიტალდაბანდების გამოსყიდვის ვადა ან ბანკის საპროცენტო კომპენსაცია შედგება 3 წელიწადში.

## საერთო დასკვნები.

1. დასაბუთებულია მდგრადი ეკონომიკური შემოსავლების მქონე ფერმერებისათვის ხა-ის, როგორც მობილურ-სტაციონალური დანადგარის გამოყენების უპირატესობანი დაბალღეროიანი და ბოსტნეული კულტურების მოვლა-მოყვანის სამუშაოების ჩასატარებლად წლის ნებისმიერ დროს.
2. ნიადაგის დამუშავების, მორწყვის, ბიოსასუქის და ბიოპრეპარატების შეტანის, თესვისა და რგვის ტექნოლოგიურ ოპერაციაზე ორგანული მიწათმოქმედების მოთხოვნების შესაბამისად შერჩეულ იქნა ხა-ზე ძირითადი სამუშაოების შესასრულებლად საჭირო მანქანები, უპირატესად მცირე მექანიზაციის ტექნიკური საშუალებებიდან.
3. ჩატარებულია საინჟინრო გაანგარიშებები ხა-ის საერთო წონისა და მისთვის სორტამენტული მასალის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის; ხა-ის ცალკეული კვანძების, ამძრავების დასაკომპლექტებლად, ელძრავის, რედუქტორის, ჯალამბრისა და მათი აქსესუარების შერჩევა დასაკომპლექტებლად. დამუშავდა ხა-ის ავტომატიზირებული მართვის ელექტრული სქემები.
4. დამუშავებულია ხა-ის გაუმჯობესებული ვარიანტი, რომლის საშუალებითაც შეიძლება ვაწარმოოთ ნიადაგის ძირითადი და თესვისწინა ოპერაციების წარმოება; ამასთან თეორიულად დასაბუთებულია აგრეთვე ტმ-ის საშუალებით ხა-ის გადადგილების პროცესში ჩატარდეს ბიოპრეპარატებისა და ბიოსასუქების შეტანა, თესვა და რგვა, სტაციონალური მდგომარეობიდან მრავალჯერადი დაწვიმება.
5. ჩატარებულია ანალიზური კვლევა ხა-ს დინამიკური წონასწორობის შესახებ. შედგენილ იქნა მისი მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მის კინემატიკურ პარამეტრებს, დაყვანილ მასებს, ინერციის მომენტებს, მოძრაობის სიჩქარეებსა და სხვა.
6. თეორიულად განისაზღვრა ხა-ის მასათა ცენტრის კოორდინატე-

ბი და საყრდენ თვლებზე მოსული დატვირთვების, ხა-ის სახე-  
ლოსნოს (კაბინის) საერთო წონის, ინერციისა და ქარის ძალები,  
რაც უკავშირდება ტმ-ის გადაადგილებით დამატებითი ძალების  
წარმოშობას, აგრეთვე ფრეზის ხვედრით ენერგოტევადობას (წე-  
ვით წინააღმდეგობას).

7. საყრდენ-საგორაკებში წარმოშობილი დატვირთვების მოსალოდ-  
ნელი დისბალანსური ზრდის გათვალისწინებით ჩატარდა ტმ-ის  
დინამიკური წონასწორობის ანალიზური შემოწმება, საგორაკი  
თვლების მიმმართველებში (სალასკებში) შემობრუნებით გამოწ-  
ვეული დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით, რაც  
ზრდის დატვირთვებს ჯალამბრულ ამძრავში.
8. ჩატარდა დაკიდებული ფრეზის დინამიკური გამოკვლევა, რის-  
თვისაც გამოყენებული იქნა ფრეზის ფუნქციონირების დიფერენ-  
ციალური განტოლება. ფუნქციის გაწრფივება მოხდა ტეილორის  
მეთოდით. მიღებული - „გადამცემი ოპერატორი“ დაყვანილ იქნა  
კვადრატულ განტოლებამდე, რაც განაპირობებს ფრეზის თამა-  
სის გალოპირებულ (დახრილ) რხევას.
9. განხორციელდა ხა-ის სამუშაო რეჟიმების ოპტიმიზაცია. (გაშვება,  
დამუხრუჭება, რევერსი და სხვა), ანუ ტრანსმისიაში გარდამავა-  
ლი პროცესების დროს წარმოქმნილი დატვირთვები გათვალის-  
წინებული იქნა ასინქრონული ელექტროძრავების შერჩევას.
10. ხა-ზე ჩატარებული დაკიდებული ფრეზირების პროცესის ექ-  
სპერიმენტალური გამოკვლევის შედეგად მიღებულ იქნა, რომ  
ტექნოლოგიური ოპერაციის ხარისხობრივი მაჩვენებელი დაე-  
მორჩილა ნორმალური განაწილების კანონს, კერძოდ ვეიბულის  
განაწილებას, ხოლო ფრეზის ე.წ. „კინემატიკური პარამეტრის“  
დამოკიდებულება ფრეზის დანების რიცხვთან დადგინდა უმცი-  
რეს კვადრატთა ჯამის მეთოდით  $y=28,5+7,25x$
11. ხა-ის ტმ-სა და ფრეზს შორის ჩასმულმა ზამბარულმა სისტე-  
მამ, მხოლოდ ნაწილობრივ შეამცირა რხევები. ამ სისტემის მუშა-  
ობაში ე.წ. გალოპირებული რხევების არსებობა განპირობებულია

ფრეზის თავისუფალი დაკიდებით, რაც იშვიათია საბურავებიანი სატრაქტორო აგრეგატების შემთხვევაში. ამასთან მიზანშეწონილად არ მიგვაჩნია ვიბრაციების მაქსიმალური შემცირება საავტომობილო ამორტიზაციების გამოყენებით, რამეთუ ზომიერი ვიბრაციები პირიქით ეხმარება ფრეზირების პროცესს და განაპირობებს ნიადაგის დამუშავების მაღალ ხარისხს.

12. ხიდური აგრეგატის შექმნისა და ექსპლოატაციაში გაშვებისათვის საჭირო დანახარჯმა (ღირებულება) შეადგენა 11448 ლარი. წლიურმა სუფთა მოგებამ ბოსტნეული კულტურების წარმოებაზე შეადგინა 7125 ლარი/წელიწადში, ხოლო საბანკო სექტორიდან არსებული სესხის დაფარვა განხორციელდება დაახლოებით 3 წელიწადში.

დოქტორანტ თემურ ლემკაშელის ავტორობით და თანაავტორობით გამოქვეყნებული შრომები (სულ 8 ნაშრომი)

1. Leshkasheli T., kilasonia E., chabukiani R. *INTERNACIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. -MECHANIZATION IN AGRICULTURE. Production of environmentallu safe low-stalk agricultural raw materials using the bridge assembly. BULGARINA ASSOTIOATION OF AGRICULTURAL MACHINERY YEARLXV ISSUE 1/2020. WWW.STUMEJOURNALS.COM*
2. ლემკაშელი. თ., კილასონია ემზარი., ჭაბუკიანი რანი. **ხიდური აგრაგატის ნიადაგის ფრეზირების ხარისხის ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგების ანალიზი. აწსუ-ს მოამბე. №2 (14). ქუთაისი. 2019 გვ 70-81**
3. ლემკაშელი თ. ნ., ჭაბუკიანი რ.რ. **ხიდური აგრაგატის საყრდენ თვლებზე მოსული დინამიკური დატვირთვების გაანგარიშების საკითხისათვის. აწსუ-ს მოამბე. №2 (12). ქუთაისი. 2018. გვ174-181**
4. ჭაბუკიანი რ.რ., ლემკაშელი თ.ნ. **ხიდური აგრაგატის ზოგიერთი ძალურ-ენერგეტიკული პარამეტრების გაანგარიშება. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. №2(40). თბილისი. 2018 გვ 74-79.**
5. Р. Чабукиани., Т. Лешкашли., Н. Пурцеладзе. **К вопросу эффективности использования мобильного мостового агрегата в возделывании низкостебельных культур.** პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი ნოვაცია. № 2. ქ. ქუთაისი 2018 წ. გვ.19-24
6. ა. სამადალაშვილი., გ. დადუნაშვილი., ა. ლომიძე., თ. ლემკაშელი. **სასოფლო სამეურნეო მანქანების უკეთესი კონსტრუქციების შერჩევა თვისობრივი (ხარისხობრივი) მახასიათებლების რაოდენობრივი შეფასების საფუძველზე. აწსუ-ს მოამბე. № (11.) ქუთაისი. 2018. გვ 193-205**
7. А. Г. Самадалашвили., А. Н. Ломидзе., Г. Г. Дадунашвили., Т. Н. Лешкашли. **Машины для внесения органических и минеральных**

удобрений на поверхности вспаханных полос. Белорусский национальный технический университет. автотракторный факультет автомобиле- и тракторостроение. *Материалы Международной научно-практической конференции.* Минск. 2018. с 138-142

8. А. Г. Самадалашвили., А. Н. Ломидзе., Т. Н. Лешкашели. Антиэрозионные комбинированные машины для полосовой обработки почвы и выкапывания корнеплодов. Белорусский национальный технический университет. автотракторный факультет автомобиле- и тракторостроение. *Материалы Международной научно-практической конференции.* Минск. 2018. с 279-287



**Ministry of Education, Science, Culture and Sport of Georgia  
Akaki Tsereteli State University**

**Copyrighted manuscript**

**Temur Leshkasheli**

**STUDYING THE PARAMETERS OF A MOBILE  
BRIDGE ASSEMBLY WITH A VIEW TO  
INTENSIFYING PRODUCTION OF LOW-STEM CROPS**

**The Author's Abstract**

**of the Doctoral Thesis Nominated for Academic Degree  
of Doctor of Engineering in Transport (0407)**

**Kutaisi 2020**

Ministry of Education, Science, Culture and Sport of Georgia  
Akaki Tsereteli State University

Scientific advisor: **Rani Chabukiani**- Doctor of Technical Science, Professor Emeritus, Academician of the Academy of Environmental Sciences

- Reviewers: 1. Zaza Makharoblidze, Doctor of Technical Science, Professor, leading researcher of the Department of Mobile Machines at the Raphiel Dvali Institute of Machine Mechanics;  
2. Giorgi Purtskhvanidze, Professor, Akaki Tsereteli State University.  
3. Tamaz Tsanava, Doctor of Technical Science, Professor Emeritus, Akaki Tsereteli State University;

Defense of a thesis will be held \_\_\_\_\_ October 27, 2020 at 14:00 \_\_\_\_\_  
(date and time)

at the session of the Dissertation Commission created by Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering. Address: Auditorium №1114, 59 Tamar Mepe Street, 4600, Kutaisi.

Dissertation is available in the library of the Akaki Tsereteli State University at the address: 59 Tamar Mepe Street, 4600, Kutaisi

The Author's Abstract was sent out “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_  
(date)

Dissertation Council  
Secretary, Associate Professor \_\_\_\_\_ /N. Sakhanberidze/

## General description of paper

**Topicality of research.** For a long time, market gardening has become traditional in the central part of Imereti region, which is a major livelihood security throughout this region. This has long been facilitated by the best soil and climatic conditions and the high quality of primary produced, due to which they have long conquered the stable internal and external markets. It should be noted that demand for these crops is growing day by day. The main advantages of vegetable crops produced in Georgia are their excellent gustatory qualities, environmental purity and favorable climate for counter-seasonal production.

It is well known that vegetable crops tending and growing operations are very complex, and except for some operations, they are not easily amenable to use of mechanization, due to which pretty heavy manual labor is predominant.

With a view to increasing the intensification of the production of these crops, in modern farming conditions, we have deemed it useful to use the so-called bridge assembly (BA) as an energy source of mechanical means, which will serve the tending and growing operations of vegetables and other low-stem crops on the medium and small-contoured closed or open ground (frequent tillage over the season, watering, fertilization, etc.). It will significantly reduce agrotechnical terms required for operations, which is necessary to ensure a few harvests per season under conditions of abrupt climate change in Georgia.

The negative impact of tractor tires in the BA on the physico-mechanical properties of soil no longer exists, thereby excluding the risk of falling yields. In the service area of BA, as a small-scale agricultural base, we can successfully use only biological preparations and fertilizers, which is one of the main requirements of organic farming in the EU market.

In the conditions of bridging energy supply, the specific operating conditions (suspended state) are ensured for the tillage machines, in contrast to tractor units. Therefore, it is necessary to provide scientific study and analysis of this process. Thus, the topic of the dissertation is related to the elaboration of design, technological, economic-environmental and theoretical issues of BA as a mobile stationary device, due to which we have no doubt

about its urgency and practical application.

**Goal and objectives of research.** BA as a mechanical-technological system for performing agricultural operations and its popularization on farms. Optimizing the power-energy parameters of the soil-treatment mill suspended on it.

In order to reach this goal, the following main objectives should be solved:

- Development of methodology for designing and calculating the bridge assembly and its technological module, engineering calculation of individual units of BA, developing theoretical and practical bases of their reliable operation and studying their power-energy parameters;
- Justification of design features of a tillage cutter drive mounted on BA, as well as traction-energy supply of its independent winch mechanism;
- Optimization of quality indicators of milling technological process;
- Economic efficiency of the use of BA, with account for the complex mechanization of tending and growing of various crops.

**Novelty of research.**

- BA as a highly mechanical and technological mobile energy device in agriculture;
- Development of theoretical bases for the design and calculation of BA and the methodology for determining its power and energy parameters;
- Developing the basic designs of a bridge drive used for the tending and growing operations of vegetable and low-stem crops;
- The design of a suspension mechanism of agricultural machinery (technological module) mounted on BA and energy supply of its drive;
- Theoretical and experimental study of the operation of the tillage rotatory machine mounted on BA and justification of the relevant parameters;
- Calculation of economic and environmental efficiency of BA.

**Research subject.** Bridge assembly and tillage machine-tool aggregated with it.

**Practical bearing of research.** The mechanical-technological project of BA prototype has been developed along with a technological module (TM), which is used to increase the production volume of high-yielding low-stem crops on small plots.

**Research review.** The following presentations were made on the conferences and forums around the dissertation topic:

1. Scintfic-practical workshops held at the Department of Transport and Civil Engineering of Akaki Tsereteli State University, ATSU, Kutaisi, 2017–2020.
2. X International Annual Scientific Conference of Georgian Mechanical Union. Telavi, ATSU. 26.09.2019--28.09.2019.
3. V INTERNACIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE - Production of environmentally safe low-stalk agricultural raw materials using the bridge assembly. HIGH TECHNOLOGIES.BUSINESS.SOCIETY 09-12.03.2020 BULGARIA. University Sofia.

**Published materials.** Around the topic of dissertation, there have been published 6 works, including 5 articles in high-rated peer-reviewed journals, recommended by the Dissertation Council of the Faculty of Technical Engineering of Akaki Tsereteli State University.

**Volume and Structure of Dissertation.** Dissertation consists of five chapters and includes 19 photos, 8 tables, 25 drawings and 118 literary sources. Dissertation comprises 156 computer printing pages.

## **Brief description of work**

**The first chapter** of the paper refers to some agro-technical characteristics of vegetable crops, cultivation of which has a good track record in Imereti region. It is unfortunate that recently, due to the delay in commercial activities, the best specialists-practicians in this field have gone abroad, where they started their business, especially in Iran, and realized their knowledge and experience. Seedlings production is in great demand because raw materials grown in our traditional areas are characterized by the best flavor and healing properties. Precisely because of soil and climate conditions, products produced in Iran and elsewhere are of much lower quality than ours.

There are about twenty different species of vegetable crops, the agrotechnical characteristics of which are very different from each other.

The main thing in cultivation of vegetables is to thoroughly cultivate soil in small clumps (using the aggregates), to crush them so that they do not hinder sprouting of already weak stems. In addition, are needed it is necessary to continuously treat soils with a number of perspectives to maintain the quality.

Bridge assembly (BA) is the best thing to freely turn the production of vegetable crops into organic agriculture, which has a great potential both in production and sales of healthy food products, especially on the export market.

Organic agriculture (OAC) is a centralized state-of-the-art commercial farming management system that helps to support the agro-ecosystem and ensures good health of agricultural raw materials.

Organic agriculture (OAC) is closely linked to ecological agriculture (EAC), which emerged in the 1920s, and through its gradual development, we reached the 1980s, when in international economic relations there were emerged the terms such as “green revolution”, “environmental standards”, and “OAC regulation” (since 2002), and then they have been recognized by European countries and the United States.

The International Organization of Organic Agricultural Movement (IFOAM, Versailles, France, 1972) includes about 300 environmental associations, whose boom started at the end of the last century. Scientists

suggest that in the first half of the 21st century, agri-food production will be made green by individual companies and private owners in order to establish themselves in the growing environmental market.

Such directions are adapted to the main areas of bridge farming, which can be carried out in both land-owning and private mini farms.

Organic agriculture (OAC) involves the entire range of agriculture, but relies mainly on the area when the soil remains without the use of any artificial fertilizers.

The liquid biological preparations and organic fertilizers created in our country, are distinguished by the universality and reliability of their action, and they can be used on plots cultivated by BA. These preparations include: Biocatena, Phytocatena, Agrocattena, Lepidin, Turingen, Boverin, etc. They can be widely used to fight diseases of any crops, as well as to increase the fertility of depleted soil (because of long-term exploitation), which is very important for the same soils cultivated by BA.

The first chapter dwells also on a literary review on the topics around bridge assembly as an electrically-energized traction force, on the basis of which its pros and cons have been identified. The transition to market relations of the agri-food sector usually involves the completely new approaches in terms of scientific and technological support. The competition in this field encourages the development of agribusiness and provides an opportunity to increase financial resources through the use of modern technologies, which should be based on producing environmentally friendly agricultural raw materials. In this regard, bridge assembly (BA) ensures the preservation of soil properties, which are deteriorated by the ground wheels of the tractor units, to give the industrial character to crop production, and the possibility of using the maximum automation and computerization.

The agro-bridging technology can be used as a routing of agricultural machinery, which will serve the farmer throughout the season in the tending, growing and harvesting of crops. It can be used to resolve the following problems:

- During the use of bridge assemblies, the number of facts of irrational use of seeds, water and areas is reduced by 1.5 times, which shows that the agri-bridge complex has the advantages as follows:

- Performing works within the agrotechnical terms at any time;
- Protecting the natural environment from chemicals and oil products;

- A significant saving of water, seeds, fertilizers and energy, per unit of production.
- Liquid fuel saving due to centralized power supply;
- Reduction of service personnel in field operations due to automation of technological process;
- Raising the profile of farm activities;
- Drying, packing and wrapping of agricultural raw materials on the site.

Of course, BA has also its negative sides, such as the fact that all of the work is performed in the area between rails, the widths of which may vary. Also one of the reasons for its non-proliferation is the relatively high cost, from which the farmer may draw back.

BA has a rather interesting history. A number of scholars have started to design them, including Halcott from England, Prastorov and Borin from Russia, Swetsky, Junetsky and Pravistorav from Poland, and others. They created the bridge farming systems in the 1930s. This was followed by the precedents of the creation of electric tractors, monorail technology in Ukraine (Kharkov), USA (GE Elec-Trak "New idea" and Vazsatile-160), Japan (Q "Yanmaz"), etc.

In Georgia, this was started by Prof. A. Didebulidze, Prof. K. Amirejibi and PhD student V. Manvelidze, who created the electric motor tractor on the basis of "Forzoni".

Since the 1970, under the guidance of the staff of the K. Amirejibi Research Institute of Mechanization and Electrification of Georgia (V. Metreveli, Sh. Chelidze), there has been created the electric terracer designed for working on slopes.

In 1980-90, at the Faculty of Mechanization of the Institute of Subtropical Economy of Georgia in Sukhumi, under the guidance of Prof. V. Chichinadze, the monorail transporter with the internal combustion engine was improved, which was designed for citrus cultivation in mountainous conditions.

BA moves (see Photo-1) on rails permanently mounted on the longitudinal perimeter of rectangular plot and covers the entire work area during the movement. It is a welded metal structure (joints made of angle fittings, channel beams and other assortment materials) that has the running wheels for moving on rails.





**Photo -1 Bridge assembly**

L- Length of the confinement pen  $L=50\text{ m}$ ;

1.- BA workshop; 2. – Welding structure;

3. - Rails; 4. – Technological module.

$C_1$ ,  $C_2$ ,  $C$  - The widths of the confinement pen, 10 m each.

Total operating area of BA  $F=1500\text{ m}^2$

Two of them (right and left ones) are the traction ones. The power supply is in the form of electric motors, which are connected to the reducer, chain drive and driving wheels.

The main working system of BA is a technological module (see Fig. 3), which has an independent drive. Various adapted agricultural machines and tools can be mounted on it. In our example, there is considered a rotary plow with an active working body required for surface tillage. It treats the soil when soil is in a suspended position (see Fig. 1).

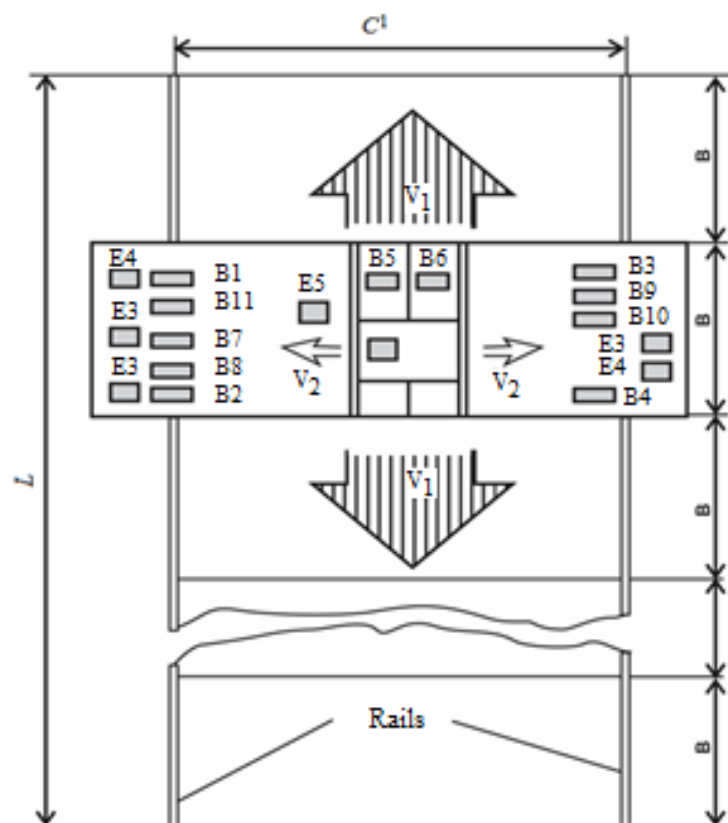
Switching of a technological module (a universal suspension mechanism) from the deactivated to the activated position is carried out by means of a 0.8-kW electric motor. The design of BA (especially the height) can be determined taking into account the specialization of agricultural raw materials production. For our case, it is made for performing tending and

growing operations of the so-called low-stem (low-stalk) crops. To carry out maintenance work on low-yielding crops, which is very plausible.

The technological module – the cart has a simple design, which is controlled (moved) by an independent engine (electric motor, reducer, winch, rope, and other accessories).

BA is also equipped with a blocking (braking) device that protects it from self-displacement in windy conditions.

Since BA is a fixed device, we can look for alternative energy sources for it (solar, wind, etc.). Moreover, depending on which crop we are dealing with, it is used seasonally according to the agrotechnical requirements. It is also effective at harvest, because it can be used for raw materials primary processing, drying, packing, etc.



**Fig. 1. The electrical schematic of bridge assembly**

- B.1, B.3 and B.2, B.4 – the block contacts in accordance with the rear and front lateral positions of bridge.

- B.5 and B.6 - the block contacts in accordance with the right and left positions of cart, respectively.

- B.7, B.9 and B.8, B.10 - the block contacts of the upper and lower position of wheels, respectively.

- B.11 - the block contact determining the bridge standing on rails.

- E. 3 E. 4 - E. 5 – the engines of different capacities.

BA is served by five electric motors: two motors on the area shown for the movement of 1-kW BA ( $F = CL$ ,  $m^2$ ); one engine is powered by a 3-kW technological module, and each of two

0.8-kW engines is used for setting in motion the technological module and winch.

BA is a universal mechanism, and therefore it is not only an object of mechanization, but also an object of using automation, robotization and computerization.

Figure 1 illustrates the direction of BA movement, at a speed of  $V_1$ .

The direction of movement of a technological module (with a cart suspension mechanism), at a speed of  $V_2$ .

The operating width of the cutter (B) assembled with a technological module.

It is noteworthy that BA was created 2 decades ago by the electrician G. Kheladze in Kutaisi. Our goal is to promote this facility among the farmers by using appropriate resource-saving materials and justifying their cost-effectiveness, although no scientific research has been conducted on it.

This chapter refers also to research works carried out with a view to selecting agricultural machines. From both small and large mechanization units, there has been selected the complex of machines that can be easily mounted on the BA for performing the main operations, which is capable of a number of operations such as: tilling, application of bio-preparations and bio-fertilizers at the target area, multiple watering, sowing and planting of seedlings and so on. The issue of operation of each machine with BA should be addressed in a separate research, due to which the paper, as mentioned above, deals only with tillage following the example of the suspended rotary plow.

**The second chapter** of the paper refers to the selection and engineering calculations of the main components of BA, so that in the fifth chapter we can calculate the cost of the assortments, fastening and building materials, engines, reducers, fabrication operations, assembly works and other accessories required for BA, which is needed to determine economic efficiency.

**The third chapter** deals with the theoretical studies on the functioning of individual components of BA, selection of its drives, the dynamic analysis of operation of a technological module (TM) of BA during milling, its operating modes, and so on. Let us consider the operation of a TM.

TM generates kinematic energy during motion, which is ultimately calculated using the following well-known formula

$$E = \frac{GV^2}{2g} + \frac{I\omega^2}{2} = M_{red} \frac{V^2}{2}, \quad (1)$$

where  $G/g$  – is a mass of TM, kg;  $V$  – a speed of TM (with a rope), m/sec;  $I$  – the moment of inertia of the rotatable parts of a rotary plow,  $\text{kgm}^2$ ;  $\omega$  – an angular speed of a rotary plow,  $\text{sec}^{-1}$ ;  $M_{red}$  – the reduced masses of the TM parts in rotational and rectilinear-translational motion, kg; while the operation performed by TM, which is adequate to E will be calculated as follows

$$du = (P_{win} - P_{res} - P_{fr}) \cdot v dt \quad (2)$$

Due to the fact that after stationary motion of TM ( $V = const$ ), the moment of inertia of the cutter  $I = M \frac{dv}{dt}$  no longer exists, (2) takes the following form

$$P_{win} = P_{res} + P_{fr} \quad (3)$$

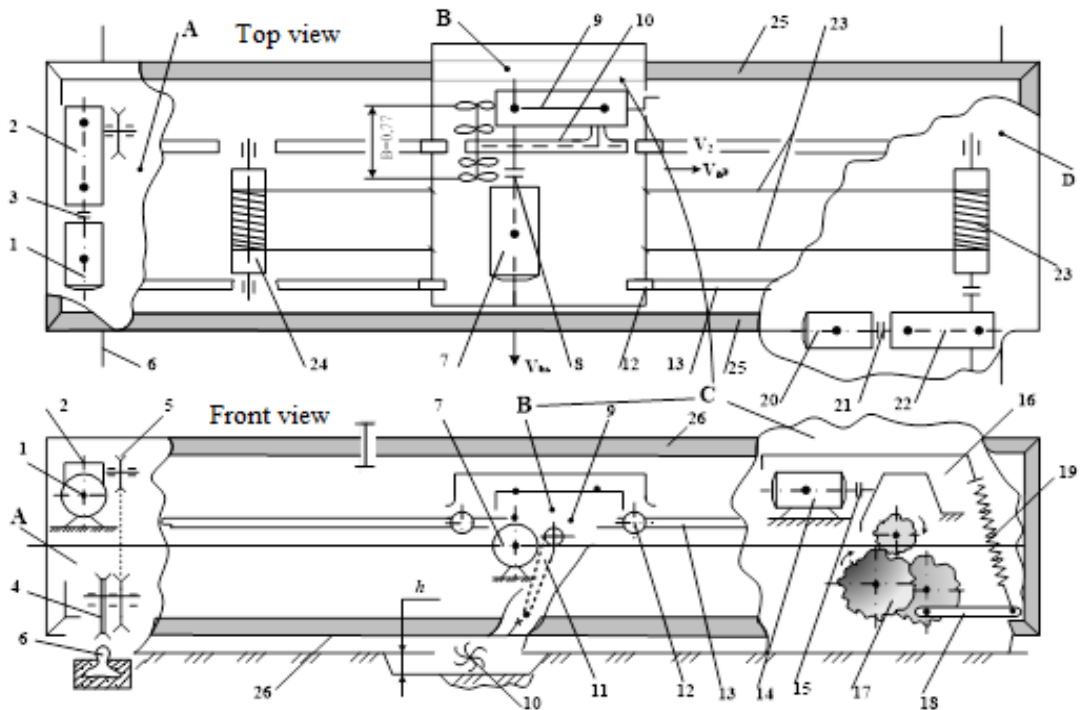
where  $P_{\mathcal{X}}$  – tractive force generated by a winch of TM, kg;  $P_{\beta}$  – the resistance to motion, kg;  $P_{cut}$  – the resistance of a rotary plow, kg.

Thus the motion of TM, as well as the motion of BA itself, can be described by Lagrange's differential equation of the second kind, which is the basis for the principles of dynamic action of moving bodies and does not differ from the objects having the different designs. We have in mind the design, transport and various-purpose units.

Figure 2 illustrates a kinematic configuration of the existing (operating) BA with indication of energy sources. The configuration in the center shows the TM (B) with design that we improved, which is a system for suspending different machines on the BA. The TM moves to the right and to the left with electric engine and winch, which pulls the rope, the TM's cart rolls on rails.

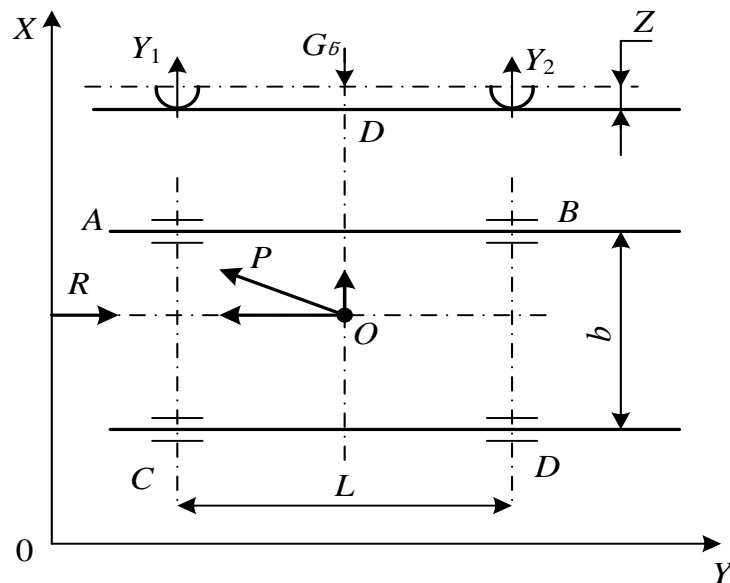
Loads on the supporting-running wheels of BA are sometimes distributed symmetrically, sometimes in the longitudinal and transverse directions. This load also varies due to the weight of the various accessories mounted on the site of bridge assembly, such as a workshop cabin, workshop equipment. The tillage machine is mounted on the TM- a rotary plow and its driving mechanism machine (winch, frame, farm, drive shaft, reducer, external transmission and electric motor) and various accessories.

To ensure a smooth movement of TM, it is necessary to avoid locking in the guiders of the cart wheels.



**Fig. 2 A kinematic configuration of BA**

- A- BA drive:** 1- Electric engine; 2- Reducer; 3 - Muff; 4- BA wheel; 5- Chain transmission; 6- Rail with a concrete base
- B- Technological module:** 7- Electric engine; 8 - Muff 9 - Reducer; 10 – Rotary plow; 11- Rotary plow transmission; 12 – Cart wheel; 13 – Small rail.
- C- TM's suspension mechanism:** 14 - Electric engine; 15 - Muff; 16 - Reducer; 17 - External gear drive; 18 - Pin; 19 - Spring
- D- Winch:** 20 - Electric engine; 21 - Muff; 22 - Reducer; 23 – Drive shaft of the rope; 24 Driven shaft of the rope.
- B+C- Technological module:** (drawn separately because of complexity) 25 – BA frame (top view); 26 - BA frame (front view); the right wheel is not shown in the scheme.



**Fig. 3 The design model of a dynamic balance of technological module (cart) with front view (above) and top view (below)**

The simplified configuration of the cart (see Fig. 3) illustrates four static points: A, B, C, and D - the statically indeterminate system. In the dynamic and static states, it is loaded with weight force  $G_w$ , electric motor, reducer, winch, which ensures the movement of the cart in the guiders by the reaction forces P and the rototilling resistance force R. There was designed the model for calculating a dynamic balance of loads at these points (4 R).

The weight force is the total vertical force acting on a working body. It is distributed on the supporting rollers while the cart is moving, and they generate the anti-displacement forces in the guiders. Also, the driving forces of bearings placed in the couplings and the moment that they created, enforce the cart to turn to the right or left from the direction of movement.

As already mentioned, there are three different forces acting on a TM: the rope pulling force P created by the first winch, the resistive force R aggregated to the TM, and the total weight force  $G_\delta$  of the TM, which is lifted from a horizontal position at the  $Z_0$  distance, (because there are placed the frame of the cart and a rotary plow itself. The nominal load  $G_n$  is distributed on four supporting rolls ABCD; the force  $G/4$  remains constant even when the BA returns back, and this continues until milling of the area  $F=CLm^2$  is finished. At this time, the number of the cutting strokes is  $n_{cs}=L/B$ , where **is** an operating width measured in meters ( $B = 0.7$  m)

In the course of a technological process, the resistance R of a rotary plow cannot ideally be at a point O, as the soil resistance changes along the entire operating width, and the traction line bends at an angle of  $\alpha$ , thus creating risk of locking of wheel the cart in the guiders due to the creation of the rotary moment M.

Thus, the supporting cart of a TM will have loads in the wheels as follows:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{G+P}{4} + M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(G+P)Z_0}{cl} \right]} - M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 + \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\ B &= \frac{G+P}{4} - M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(G+P)Z_0}{cl} \right]} - M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 - \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\ C &= \frac{C+P}{4} + M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(C+P)Z_0}{cl} \right]} + M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 + \frac{(G+P)Z_0}{cb} \right]} \\ D &= \frac{C+P}{4} - M \frac{\cos \alpha}{2 \left[ 2l - \frac{(C+P)Z_0}{cl} \right]} + M \frac{\sin \alpha}{2 \left[ b^2 - \frac{(C+P)Z_0}{cb} \right]} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Let us note the loads  $y_1$  and  $y_2$  on the axis of the cart wheels of the TM; as can be seen the vectors of both of these forces are at the center of geometric axes of the rollers at the point  $O$  (top view) and at the point  $D$  (front view).

In order to avoid locking of wheels in the guiders while moving the cart, which is also caused by frictional forces, the following condition (inequality) must be valid:

$$R = P_{max} > x_A + x_B, \quad (5)$$

where  $P_{max}$  is the maximum force of pulling the winch rope;  $x_A, x_B$  - the frictional forces in the couplings.  $R$ - the maximum on the rope.

The chapter dwells also on a dynamic study rotary tillage using the bridge assembly.

The main characteristic of a statistical dynamics (the same thing as statistical mechanics) of BA as an agricultural aggregate, is the mechanical movement, which is considered not in the field of determinism but in the field of indeterminism. The latter implies the changing nature of all the phenomena involved in the movement, as well as their action on each other. For example, during soil tillage, the variability of the traction force varies within 30% of its value, and its average value is considered to be the calculated one.

According to statistical mechanics, all agricultural operations are the so-called „black box" with its input and output parameters.

The input parameters are:  $R(t)$  – soil resistance, which (during the experiment) is recorded by tensometers or dynamometers and is available in the literature;  $\varphi(t)$  – inclination of the frame from the linear direction, m.

The output parameters are:  $N(t)$  - force or power consumed, kg and kW, respectively;

$z(t)$  - the maximum size of the grinded clod, mm; (degree of grinding).

We deem it necessary to point out that for a given example, the power-energy costs of BA, and not of the tractor aggregate, are not as important as the quality of soil tillage (breakage), because this factor is important in the sprouting of vegetable crops and directly affects crop yields. Therefore, our research was conducted in that direction.

At this point, a question naturally arises, on linking the input and output parameters by means of the so-called operator ( $W$ ), which should show the dynamic parameters acting on the process.

$$y(t)=Wx(t) \quad (6)$$

Analytical determination of the operator is, in some cases, a difficult task, as they are often not in a linear relationship between the arguments and functions, so there is used here the so-called the method of identification (linearization) that facilitates research. One of these methods is the "regression" method, which involves finding the empirical relationships. This process is based on the theory of random functions, obtained by the methodology of mathematical statistics (the average value of the parameter, inclinations, dispersion, correlation and spectral analysis, etc.).

In order to clarify the relationship between the dynamic parameters of rototilling, let us try to use its simplified scheme (see Fig. 4) and use a differential equation

$$I\ddot{\alpha} = ML_1 \sin \alpha - R_z L_2 \sin \alpha - R_x L_2 \cos \alpha + Ql_3 \sin \alpha, \quad (7)$$

where  $I$ - is the moment of inertia of the mass of the suspended,  $\text{kgm}^2$ ;  $\alpha$ - tilt angle of a suspended rotary plow, degrees;  $M$  -the mass of a rotary plow together with a technological module,  $\text{kg}$  (t);  $L_i$  - moment arm,  $\text{m}$ ;  $R_z R_x$  – the soil resistance forces towards a rotary plow at the center of a rotary plow disk (n), which arise after the disintegration of  $R_x z$ .

At stationary motion of the aggregate  $v=\text{const}$ , there is no moment of inertia, and the last equation is equal to 0, i.e. if the rotary plow moves at equal velocity (equilibrium mode), we can analyze the equation of milling cutter motion, and as a result of a number of transformations, we obtain the  $W$  expression of the operator

$$ML_1 \sin \alpha - R_z L_2 \sin \alpha - R_x L_2 \cos \alpha + Ql_3 \sin \alpha = 0 \quad (8)$$

It is reasonable that during nonuniform motion of a rotary plow, power factors  $R_z^0$ ,  $R_x^0$  and  $Q^0$  will receive instantaneous small forces (increments), due to variability of  $\Delta \alpha$   $R_z = R_z^0 + \Delta R_z$ ;  $R_x = R_x^0 + \Delta R_x$ ;  $Q = Q^0 + \Delta Q$ , on the basis of which the drag-bar of a rotary plow will be tilted at an angle  $\alpha = \alpha_0 + \Delta \alpha$ , where "0" corresponds to stationary motion of a rotary plow.

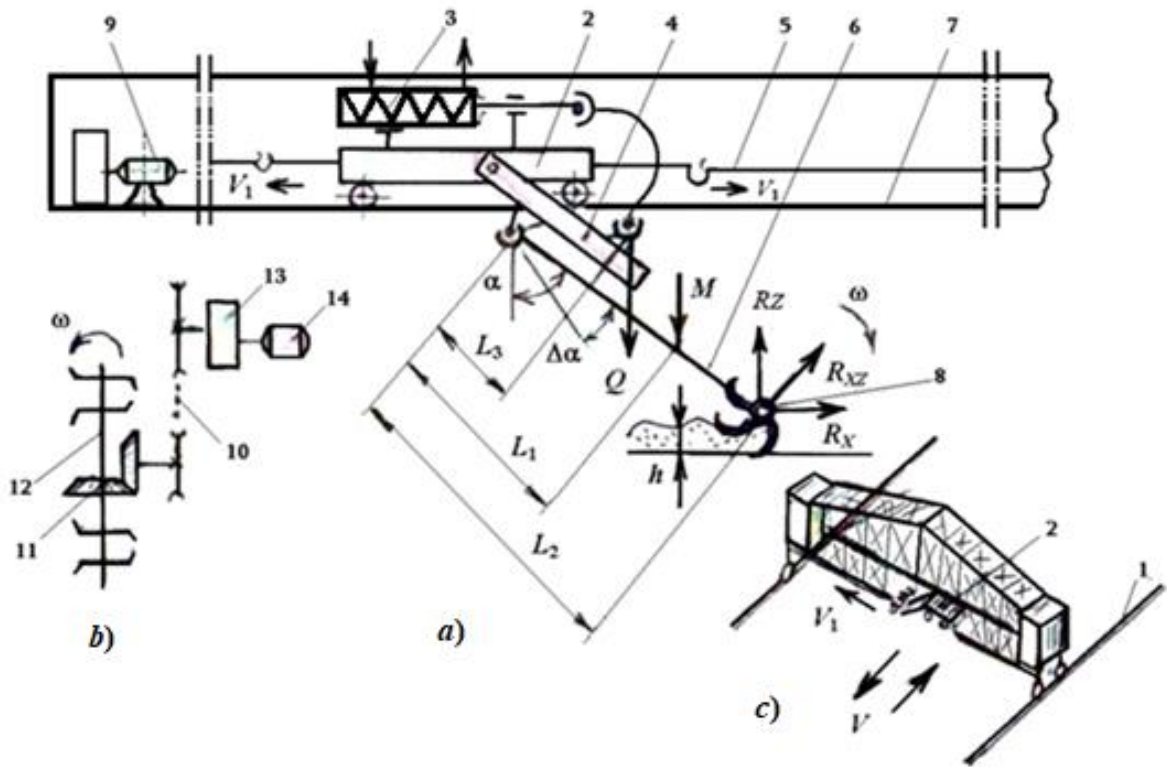
Since  $\Delta \alpha$  is small, we can get it or, then (7) will take the following form:

$$I\ddot{\alpha} = ML_1 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) - (R_z^0 + \Delta R_z) L_2 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) - (R_x^0 + \Delta R_x) L_2 \cos(\alpha_0 + \Delta \alpha) + (Q^0 + \Delta Q) L_3 \sin(\alpha_0 + \Delta \alpha) \quad (9)$$

If we insert the above-mentioned increments into this formula

$$R_x = f_1(\alpha, \dot{\alpha}, t); \quad R_z = f_2(\alpha, \dot{\alpha}, t) \quad (10)$$





**Fig. 4 A simplified scheme for calculating the dynamic parameters of rototilling – a); A rotary plow kinematic scheme – b); Axonometric projection – c)**  
 c)- 1- Bridge assembly with rails; 2- Technological module; a)- 3 – Suspension mechanism; 4- The frame for placing a rotary plow at the depth; 5 – Winch rope; 6- Confinement pen; 7- Rails for the movement of technological module; 8- Rotary plow; 9- Winch drive; b)-10- External transmission; 11- Conic transmission; 12- Working body (rotary plow); 13- Reducer; 14- Electric engine;  $V_1$  - Rotary plow movement direction;  $V$ - BA movement direction.

For the purpose of linearization, we will use Taylor's decomposition method (in the form of first two terms), as a result of which we will get the formula relevant to oscillation of the drag-bar  $I\ddot{\Delta\alpha} = B\ddot{\Delta\alpha} + C\dot{\Delta\alpha} = Df(t)$ , and taking into account the increments and  $B$ ,  $C$ , and  $D$  coefficients, for which, after the introduction of designations we obtain the following expression

$$T_1^2\ddot{\Delta\alpha} + T_2\dot{\Delta\alpha} + \Delta\alpha = Kf(t), \quad (11)$$

where  $T_1$  and  $T_2$  are the values denoting the inertial and damping phenomena,  $K$  – the drag-bar pressure ratio,  $F(t)$ - is the expected excitation of a rotary plow.

Further transformations allow us to get the type of the operator-transmissive function

$$W = \frac{K}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1}, \quad (12)$$

on the basis of which the roots of the obtained quadratic equation

$T_1^2 P^2 + T_2 P + 1 = 0$  are represented in terms of the oscillation of the drag-bar of a rotary plow with an angle  $\Delta\alpha$

$$\Delta\alpha = K \left( 1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{\lambda_2 t} \right) \quad (13)$$

This is an analytical expression of the "transmissive function" of a rotary plow, a mathematical model. The values of the obtained  $\Delta\alpha$  should be taken into account in order to reduce the oscillating phenomena to the useful level during the design process.

The chapter also describes the peculiarities of the operation of the milling cutters in accordance with methods developed by N.I. Klyonin, V.A. Sakun, A.B. Lurie and others, as well as the optimization of operating modes of BA with the energy requirement criteria.

In order to choose the energy source of BA, a number of engineering calculations have been performed and the speed of movement of the system, acceleration, forces required for the movement, capacities, and so on have been obtained. However, this is not enough with respect to modern requirements. It is necessary to carry out a theoretical study of the nature of the so-called transient modes of the system, with a view to adjusting the parameters, in particular the power capacity.

From a research perspective, the BA must meet the following requirements:

1. During the so-called transient processes, it is necessary to limit the accelerations within acceptable limits. This concerns to the phenomena that may often occur in the BA operation process in various modes during the wheel slippage or running, or during severe braking.
2. The electric engine must be capable of reversing both during the engine operation and during braking.

The dynamic loads in BA occur in different modes (start, stop, reverse, etc.) when the moment  $M$  developed by the engine is balanced by the static moment  $M_{st}$  developed on the engine shaft, and by the inertial forces created by the dynamic moments  $M_{dyn}$  of the power mechanisms. In general, the equation of motion of this system is as follow

$$\pm M = M_{dyn} \pm M_{st}, \quad (14)$$

where, in turn

$$M_{dyn} = I_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}, \quad (15)$$

Here is the moment of reduced inertia of the engine rotor and rotary parts (masses)

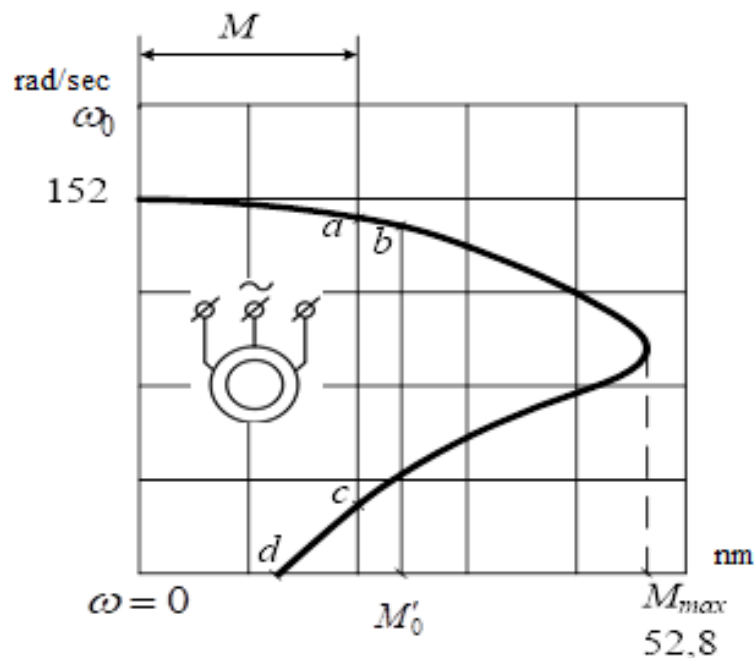
$$I_{\Sigma} = KI_d + m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_d} \right)^2, \quad (16)$$

where  $m_{\Sigma}$ - is a total mass of elements of BA in linear motion, kg; while  $K$ - insurance coefficient. Here, we should also take into account one more coefficient  $\eta$ .

During acceleration, the power is transferred from the engine to the transmission, while during braking, on the contrary, from the transmission to the engine, that is, therefore, from (16), we will have

$$I_{\Sigma} = KI_d + \left[ m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_d} \right)^2 \right] : \eta \quad I_{\Sigma} = KI_d + m_{\Sigma} \left( \frac{v}{\omega_d} \right)^2 \cdot \eta \quad (17)$$

Thus, taking into account the losses occurred during the transient processes in the transmissions of BA, eliminates gross errors in the process of choosing the engine power.



**Fig. -5 The points characteristic of mechanical parameters of asynchronous motor**

We have calculated the power, rotational torque and angular velocity of BA using the well-known methods, and the following major parameters have been obtained:  $N_p=3,3$  Kw;  $M_{nom}=21,7$  nm;  $\omega_{nom}=152$  rad/sec.

Based on this data, we selected and specified the relevant engine parameters from the catalogs, used the theory of academician R.

Makharoblidze and constructed the mechanical characteristic of the engine (see Fig. 5), for which we obtained a linear correlation relationship  $M=455,7- 2,7\omega$ .

In practice, during acceleration and braking, we can obtain for guidance: 3-5 seconds for the start of the BA movement, and 10-15 seconds - for starting the engine of a technological module.

**The fourth chapter** dwells on an experimental study on determining the quality of soil tillage performed by the suspended milling cutter. There was measured the maximum length ( $Li$ ) of the shapeless clods of a grinded mass on the soil surface tilled by a rotary plow, and the results were processed using the theory of mathematical statistics and probability. There have been determined the arithmetic average, the mean square deviation, and the variation coefficient of the dimensions of clods. Change in the dimensions obeyed the law of normal distribution.

There were selected the values of the distribution function  $f(L)$ . The adequacy of the theoretical and statistical distribution functions was checked according to the Weibull criterion, on the basis of which the graph was produced (see Fig. 6).

As is well known, Weibull's law of distribution, by the density distribution, is as follows

$$f(L) = \frac{b}{a} \left(\frac{L}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{L}{a}\right)^b\right], \quad (18)$$

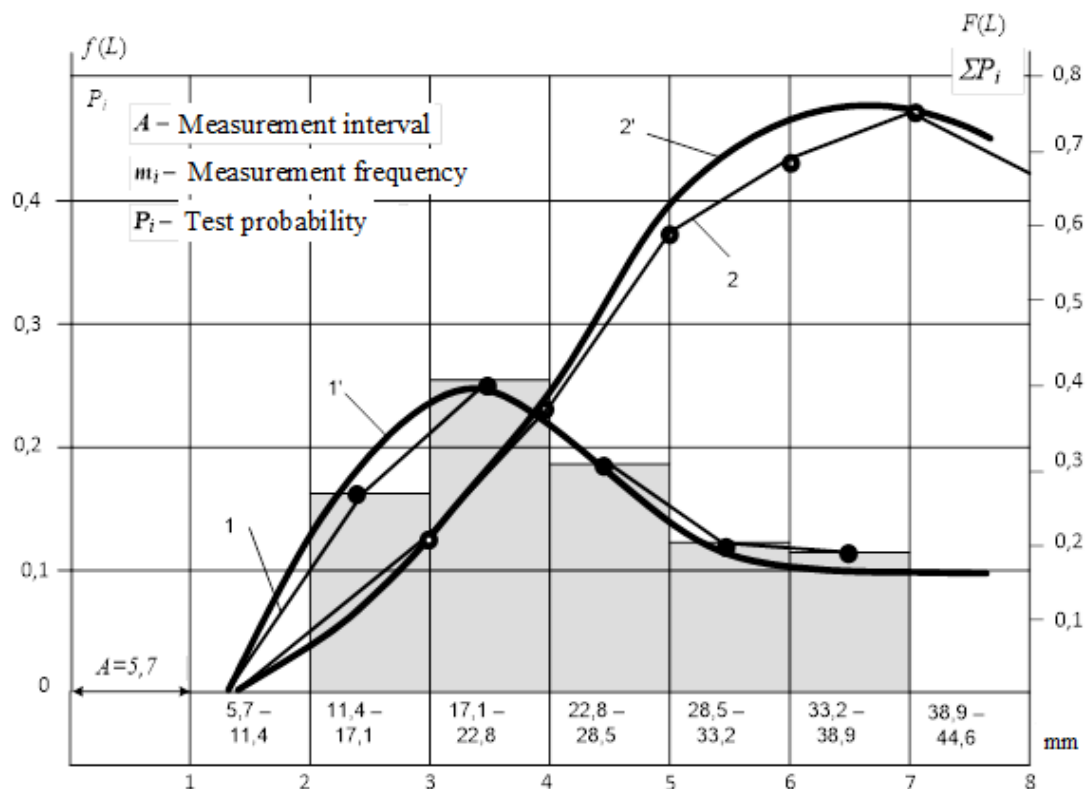
Where, by taking the  $a$ ,  $b$  and other parameters from standard table, through the proper calculations, we obtain the final expression of differential function.

$$f(L) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{L}{20,6}\right)^{2,1}\right] \quad (19)$$

It is known that in addition to the kinematic parameter of  $\lambda$  of a rotary plow, the dimensions of the grinded clods are also affected by: soil type, moisture content, surface condition (tilled, rested, cultivated, etc.). We believe that of these factors, the most substantial are  $\lambda$  and  $T$ , These two arguments are  $\lambda$  and were obtained for the design of two-factor experiments  $Y = f(x_1, x_2)$ , and a proper study was carried out taking into account the existing methodology, on the basis of which, there was obtained the regression equation  $y = 28,5 + 7,25\lambda$ , where 28.5 is a free term and equals the average value of the clod, mm; as can be seen from the regression equation,

the second factor – moisture content, does not significantly affect the quality of grinding.

Experiments have revealed that during the tillage, there are acting horizontal, vertical and inclined (galloping) vibrations act on the mill during soil processing. It is not advisable to completely damp them by means of vehicle damper, because the overall moderate vibrations on the contrary help the rototilling process and determine the high quality of soil tillage.



**Fig. 6. Distribution of optimal dimensions of clod during rototilling by TM of BA**

1.1<sup>1</sup>-Statistical series histogram and smooth curve (Weibull function)

2.2<sup>1</sup>- An integral (mathematical) function

**The fifth chapter 5** of the paper refers to the calculation of economic efficiency of the dissertation paper, which is taken into account following the interests of organic agriculture:

- The net profit obtained from the cultivation of selected crops was determined, which amounted to 7125 GEL/per season.
- There were determined the costs of manufacture and operation of bridge assembly as technological equipment, which amounted to GEL 11448.
- The payback period for capital investment or the bank's interest compensation is 3 years

## Overall conclusions

1. The advantages were justified of using BA as a mobile-stationary device for performing the tending and growing operations of vegetable at any time for the stable-income farmers.
2. The required machines were selected for performing the main operations by BA, mostly from the small mechanization technological tools, according to the requirements of organic farming on technological operations of soil tillage, watering, application of biofertilizers bio-preparations, sowing and planting technology.
3. The engineering calculations were performed for determining quantitatively the total weight of BA and its assortment material; for completing individual units, drives, selecting electric motor, reducer, winch and their accessories for completing. The electrical schematics of the automated control of BA were developed.
4. An improved version of BA was developed, with which it is possible to perform the main tilling and pre-sowing operations; in addition, it has been theoretically justified how to apply the bio-preparations and biofertilizers in the process of BA motion, and perform sowing and planting, multiple watering operations.
5. An analytical study was conducted on the dynamic balance of BA. A differential equation of its motion was composed, linking to each other its kinematic parameters, reduced masses, moments of inertia, speed of motion, and so on.
6. The coordinates were determined theoretically of the center of masses of BA, loads on the supporting wheels, the total weight of the BA manufacture workshop (cabin), inertial and wind forces related to the additional forces generated due to the movement of TM, as well as of the specific energy capacity of a rotary plow (traction resistance).
7. Analytical test was carried out on a dynamic balance of TM, taking into account the expected imbalance of loads generated in the supporting rolls, as well as the additional loads caused by turn maneuver in the guiders of the rolling wheels (slide assembly), which increases the loads in a winch drive.
8. A dynamic study was carried out on a suspended rotary plow, using a differential equation for the functioning of a rotary plow. By its linearization, the function was decomposed by Taylor's method. The

obtained "Transmission Operator" was reduced to a quadratic equation, which causes the galloping (tilted) oscillation of the bar of rotary plow.

9. There was carried out optimization of operating modes of BA (starting, braking, reverse, etc.); that is, the loads generated during the transition processes in the transmission were taken into account when selecting asynchronous electric motors.
10. As a result of an experimental study on the suspended rototilling process by BA, it was established that the qualitative indicator of the technological operation obeyed the law of normal distribution, in particular the Weibull's law of distribution, while the relationship between the so-called "kinematic parameter" of a rotary plow and the number of the rotary plow cutters was determined by least-square method  $y=28,5+7,25\lambda$ .
11. The spring-loaded system inserted between the TM and a rotary plow of BA reduced the oscillations only in part. The presence of the so-called galloping oscillations in the operation of this system, is due to a free suspension of a rotary plow, which rarely encountered in the case of bus tractor units. We do not consider it appropriate to reduce the maximum oscillations by using the motor shock absorbers, because moderate oscillations, on the contrary, help the rototilling process and determine the high quality of soil tillage.
12. The costs of manufacture and operation of bridge assembly as technological equipment, which amounted to GEL 11448. The net profit obtained from the cultivation of selected crops amounted to 7125 GEL/per season, while the payback period for capital investment or the bank's interest compensation is 3 years.

**List of papers published under the authorship of co-authorship of PhD student Temur Leshkasheli (8 works in all)**

1. Leshkasheli T., Kilasonia E., Chabukiani R. *INTERNACIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. -MECHANIZATION IN AGRICULTURE. Production of environmentally safe low-stalk agricultural raw materials using the bridge assembly. BULGARINA ASSOCIATION OF AGRICULTURAL MACHINERY YEARLXV ISSUE 1/2020. WWW.STUMEJOURNALS.COM*
2. Leshkasheli T., Kilasonia E., Chabukiani R. **Analysis of the results of an experimental study of the quality of rototilling performed by bridge assembly.** Herald of ATSU No. 2(14). Kutaisi, 2019. pp. 70-81.
3. Leshkasheli T.N., Chabukiani R.R. **On the issue of calculating the dynamic loads on the supporting wheels of bridge assembly.** Herald of ATSU No. 2(12). Kutaisi. 2018, pp. 174-181
4. Chabukiani R.R., Leshkasheli T.N. **Calculation of some power-energy parameters of bridge assembly.** Herald of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia, No. 2(40), Tbilisi. 2018- pp. 74-79.
5. R. Chabukiani., T. Leshkasheli., N. Purtseladze. On the issue of the effectiveness of using a mobile bridge assembly in cultivation of low-stem crops. Periodic scientific journal "NOVATSIYA", No. 2, Kutaisi. 2018. pp.19-24
6. A. Samadalashvili., G. Dadunashvili., A. Lomidze., T. Leshkasheli. **Choosing the best designs of agricultural machines on the basis of quantitative assessment of quality indicators.** Herald of ATSU, No. 11, Kutaisi. 2018. pp. 193-205
7. A.G. Samadalashvili, A.N. Lomidze, G.G. Dadunashvili, T.N. Leshkasheli. Organic and mineral fertilizer distributors in the surfaces of plowed strips. Belarusian National Technical University, Car-and-tractor Faculty, Car-and-tractor Building. *Proceedings of International scientific-practical conference.* Minsk, 2018, pp. 138-142. A
8. A.G. Samadalashvili, A.N. Lomidze, T.N. Leshkasheli. The combined anti-erosion machines for strip soil treatment and digging out root crops. Belarusian National Technical University, Car-and-tractor Faculty, Car-and-tractor Building. *Proceedings of International scientific-practical conference.* Minsk, 2018, pp. 279-287