

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი

ISSN 1512-3537

# ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა

№1 (56) 2023

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი  
ნაშრომების კრებული

ჟურნალი რეგულირდება ქრფ-ში „ქართული რეგერატული ჟურნალი“

სტუ-ს 100 წლის იუბილესთან დაკავშირებით  
ინსტიტუტმა ტექნიფორმმა ჟურნალს  
„ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ მიანიჭა  
ციფრული იდენტიფიკატორი - DOI



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“  
თბილისი  
2023

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა  
TRANSPORT AND MACHINEBUILDING  
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

სარედაქციო კოლეგია

პროფ. ოთარ გელაშვილი (მთავარი რედაქტორი); პროფ. არჩილ ფრანგიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე); პროფ. თეა ბარამაშვილი (ტექნიკური რედაქტორი); პროფ. დავით თავხელიძე; პროფ. მანანა თალაკვაძე; პროფ. ნათია ბუთხუზი; პროფ. გივი გოლეთიანი; პროფ. თამაზ ნატრიაშვილი; პროფ. თამაზ მორჩაძე; პროფ. ალექსანდერ სლადკოვსკი (პოლონეთი); პროფ. გეორგი ტოხტარი (უკრაინა); პროფ. რაულ თურმანიძე; პროფ. ნია ნატბილაძე; პროფ. გოჩა ჩიტაიშვილი; პროფ. ზაურ ჩიტძე; პროფ. გოდერძი ტყეშელაშვილი; პროფ. ჯუმბერ იოსებძე; პროფ. ავთანდილ შარვაშიძე; პროფ. ნუგზარ რურუა; პროფ. ზურაბ ბოგველიშვილი; პროფ. დავით ბოჭენიძე.

EDITORIAL BOARD

Prof. OTAR GELASHVILI (editor-in-chief); Prof. ARCHIL PRANGISHVILI (deputy editor-in-chief); Prof. Tea Baramashvili (Technical Editor); Prof. Davit Tavkheldze; Prof. Manana Talakbadze; Prof. Natia Butkhuzi; Prof. Givi Goletiani; Prof. Tamaz Natriashvili; Prof. Tamaz Morchadze; Prof. Aleksander Sladkovski (Poland); Prof. George Tokhtar (Ukraine); Prof. Raul Turmanidze; Prof. Nia Natbiladze; Prof. Gocha chitaishvili; Prof. Zaur Chitidze; Prof. Goderdzy Tkeshelashvili; Prof. Jumber Iosebidge; Prof. Avtandil Sharvashidze; Prof. Nugzar Rurua; Prof. Zurab Bogvelishvili; Prof. David Dzotsenidze.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

проф. ОТАР ГЕЛАШВИЛИ (главный редактор); проф. АРЧИЛ ПРАНГИШВИЛИ (зам. главного редактора); проф. Теа Барамашвили (Технический редактор); проф. Давит Тавхелидзе; проф. Манана Талакбадзе; проф. Натиа Бутхузи; проф. Гиви Голетиани; проф. Тамаз Натриашвили; проф. Тамаз Морчадзе; проф. Александер Сладковски (Польша); проф. Георг Тохтар (Украина); проф. Раул Турманидзе; проф. Ниа Натбиладзе; проф. Гоча Читаишвили; проф. Заур Читидзе; проф. Годердзи Ткешелашвили; проф. Джумбер Иосебидзе; проф. Автандил Шарвашидзе; проф. Нугзар Руруа; проф. Зураб Богвелишвили; проф. Давид Дзотенидзе.

ტექნიკური რედაქტორი: პროფ. თეა ბარამაშვილი  
Technical editor: Prof. Tea Baramashvili  
Технический редактор: Проф. Теа Барамашвили

რედაქციის მისამართი: თბილისი, მ. კოსტავას ქ. №71, I კორპუსი, ოთახი №710  
Address of the editorial office: Tbilisi, M. Kostava Str. №71, I corpus, room №710  
Адрес редакции: Тбилиси, М. Костава ул. №71, I корпус, комната №710  
Tel: +995 551 611 611

ჟურნალი განთავსებულია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - ცენტრალური ბიბლიოთეკა  
[http://gtu.ge/Library/transp\\_jur/](http://gtu.ge/Library/transp_jur/)
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი  
[http://gtu.ge/Stmm/Faculties/jurnali\\_transporti\\_manganatmshenebloba.php](http://gtu.ge/Stmm/Faculties/jurnali_transporti_manganatmshenebloba.php)
- ციფრული ბიბლიოთეკა "ივერიელი" (საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა)  
<http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/248720>
- ქართული რეფერატული ჟურნალი (ქრე)  
<https://techinformi.ge/ge/?page=footer/qri>

შინაარსი

**I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт**

1. აირადი წყალბადის უშუალო შეფრქვევით მომუშავე დიზელის რეგულირებადი პარამეტრების გავლენის კვლევა მის ეკოლოგიურ და ეფექტურ მაჩვენებლებზე ჯუმბერ იოსებიძე, ოთარ გელაშვილი, თამაზ ნატრიაშვილი, რევაზ ქავთარაძე, გიორგი ჭილაშვილი ..... 5

2. გამოყოფილ ზოლებში მომუშავე საქალაქო ავტობუსების ეფექტურობის შეფასება დავით ფრიდონაშვილი, რეზო თედორაძე, ხათუნა მღებრიშვილი ..... 12

3. საერთაშორისო სატვირთო გადაზიდვებზე მომუშავე ავტომობილების პარამეტრების გამოვლენა დიმიტრი ბალახაძე ..... 16

**II. მექანიკის ინჟინერია/Mechanical Engineering/Механическая инженерия**

4. მყარსაწვავიანი რაკეტების კორპუსების უტილიზაციის მეთოდები და ტექნოლოგიები გიორგი ცაბაძე ..... 23

5. შვეულმფრენის საჭის ამძრავის კვლევა სერგო ნინუა ..... 28

6. ელექტრომექანიკური ამძრავების გამოყენება საფრენი აპარატის აეროდინამიკური ზედაპირების მართვისათვის ერეკლე სამანიშვილი ..... 33

7. ხიდური ამწის ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაციონალური რეჟიმით მუშაობისას დინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება ალექსანდრე მეტრეველი ..... 38

8. მომეტებული საფრთხის შემცველი მანქანა-დანადგარების კვლევისათვის გამოყენებული მანქანა დანადგარების მუშაობსუნარიანობის კრიტერიუმების ანალიზი გაბრიელ მერაბიშვილი ..... 43

9. AutoCAD-ის 3D Polyline-ით ზედაპირის შექმნა კომპიუტერულ პროგრამა Civil 3D საშუალებით გოჩა ჩიტაიშვილი, ნანა ნოზაძე, მანანა ნოზაძე ..... 48

10. ზედაპირის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა და ტექსტურ ფაილში ექსპორტირება გოჩა ჩიტაიშვილი, ნანა ნოზაძე, ქეთევან ჭკუასელი ..... 53

11. სიმტიცივეზე ანგარიში AUTODESK INVENTOR-ის გარემოში კობა ილურიძე, მზია ბეგიაშვილი ..... 62

**III. სამრეწველო ინჟინერია/Industrial Engineering/ Промышленная инженерия**

12. სამაცივრე აგრეგატზე მომუშავე ინოვაციური კონსტრუქციის საშრობი მოწყობილობა ვახტანგი კირთაძე, გივი გოლეტიანი, თამაზ ისაკაძე, გივი გუგულაშვილი, ზურაბ ლაზარაშვილი ..... 66
13. ჩაჩის დასამზადებელი მოწყობილობის წარმადობის გაზრდის ეფექტური გზების ძიება თეა ბარამაშვილი, მალხაზ ცუცქერიძე ..... 73
14. თექის დამზადების ტრადიციული ტექნოლოგია და თანამედროვეობა ლია ლურსმანაშვილი, ნია ნათბილაძე, ოლიგო რუხაძე ..... 78

**IV. ტრანსპორტის და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტი/ Transport and Mechanical Engineering Management/Транспорт и машиностроение равление**

15. ციფრული ლოგისტიკა და საქართველოს პერსპექტივები ვაჟა ზეიკიძე, გიორგი მამისურაძე, თამარ კილაძე, ია ხართიშვილი ..... 83
16. ავტორთა საყურადღებოდ ..... 87

უკ 629.113.004.

# აირადი წყალბადის უშუალო შეფრქვევით მომუშავე დიზელის რეგულირებადი პარამეტრების გავლენის კვლევა მის ეკოლოგიურ და ეფექტურ მაჩვენებლებზე ჯუმბერ იოსებიძე\*, ოთარ გელაშვილი\*, თამაზ ნატრიაშვილი\*\*, რევაზ ქავთარაძე\*\*\*, გიორგი ჭილაშვილი\*\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*აკადემიკოსი, სსიპ რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი;

\*\*\*პროფესორი, სსიპ რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი;

\*\*\*\*უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი, სსიპ რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 71, 0175,

თბილისი, საქართველო,

სსიპ რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, 0186,

საქართველო)

**რეზიუმე:** განხილულია წყალბადდრავას პერსპექტიული, მაგრამ ნაკლებად გამოკვლეული კონცეფცია: დიზელი აირადი წყალბადის უშუალო შეფრქვევით, რომლის გამონაბოლქვში აზოტის ჟანგეულები  $NO_x$  ერთადერთია კანონმდებლობით შეზღუდული მავნე ნივთიერებებიდან. შესაბამისად, ნავიე-სტოქსის ტიპის განტოლებებზე დაფუძნებული 3D მათემატიკური მოდელის გამოყენებით, გამოკვლეულია წყალბადდიზელის წვის კამერაში  $NO_x$ -ის წარმოქმნის პროცესზე ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის, შეფრქვეული წყალბადის ციკლური დოზის და მისი მიწოდების ხანგრძლივობის გავლენა. დადგენილია ამ პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ  $NO_x$ -ის კონცენტრაციის მინიმუმს.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალბადდრავა, წყალბადდიზელი, აირადი წყალბადი, აზოტის ჟანგეულები, ნავიე-სტოქსის განტოლებები, 3D მათემატიკური მოდელი.

## შესავალი

მსოფლიოში რეგისტრირებულმა ავტოსატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობამ, ავტომწარმოებელთა საერთაშორისო ასოციაციის (OICA) კვლევის შედეგების მიხედვით, გადააჭარბა 1,2 მილიარდს. ამასთან, ავტომწარმოებლების მიერ გამოშვებული პროდუქციის რაოდენობა განუხრელად იზრდება [1]. ამჟამად ავტომობილების აბსოლუტური უმრავლესობა აღჭურვილია შიგაწვის ძრავებით, რომლებიც ტრადიციულად მუშაობენ ბენზინსა და დიზელის საწვავზე. აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით არსებობს ორი ძირითადი პრობლემა: ენერგეტიკული (რესურსების შეზღუდულობა) და ეკოლოგიური (გამონაბოლქვი აირებით გარემოს გაჭუჭყიანება). საწვავად წყალბადის გამოყენება ამ პრობლემების გადაჭრის ერთერთი ყვალაზე პერსპექტიული და რეალური გზაა, რაც ალტერნატიულ საწვავზე მომუშავე ეფექტური და ეკოლოგიური ძრავას შექმნის შესაძლებლობას განაპირობებს.

წყალბადის ტექნოლოგიის განვითარების ქრონოლოგია გვიჩვენებს [2,3,4], რომ ძრავას საწვავად წყალბადის გამოყენება აქტუალური გახდა პრაქტიკულად პირველი დღუმიანი ძრავების გამოჩენისთანავე. მიუხედავად ამისა, არსებული სამეცნიერო-ტექნიკური

ინფორმაციის ნაკადში, წყალბადდიზელის შესახებ პუბლიკაციები ნაკლებად შეიმჩნევა, რაც აგრეთვე მიუთითებს განსახილველად თემის აქტუალობაზე.

დღეისათვის ფართოდაა გაშლილი კვლევები, რომლებიც შეეხება სერიული ბენზინზე მომუშავე და დიზელის ძრავების წყალბადზე კონვერტირებას [5, 8, - 11,]. იძულებითი ანთების ბენზინის ძრავას წყალბადზე კონვერტირებისას არაა საჭირო საბაზო ძრავას კარდინარული ცვლილებები, მაგრამ ძრავას ცილინდრში შეიძლება წარმოიშვას წვის ისეთი ანომალური პროცესები, როგორებიცაა: დეტონაცია, უკუანთება შემშვებ მილსადენში და ნადრევი აალება. ამ არასასურველი პროცესების თავიდან ასაცილებლად მიზანშეწონილია ჰაერ-წყალბადის ღარიბი ნარევის გამოყენება [5,8,3], მაგრამ ამან შეიძლება ნეგატიური გავლენა იქონიოს ძრავას სიმძლავრეზე კვლევების შედეგებმა აჩვენება, რომ წყალბადზე დიზელის კონვერტირებისას, წყალბადის აალებისათვის საჭირო, მაღალი ტემპერატურის მისაღებად (ტრადიციულ დიზელის საწვავთან შედარებით), ცალკეულ შემთხვევებში, დგუშის კონსტრუქციის ცვლილებით მიიღწევა კუმშვის მაღალი ხარისხი [2, 6]. მეორე მხრივ, როგორც წყალბადზე მომუშავე, ასევე ტრადიციულ დიზელს აქვს მაღალი მქკ, რაც ნამუშევარი აირების სრულ დეკარბონიზაციასთან ერთად [10, 11], უახლოეს მომავალში მათი პერსპექტიულობის განმსაზღვრელია. წყალბადის წვისას აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნაზე კონსტრუქციულ პარამეტრებთან (წვის კამერის ფორმა, კუმშვის ხარისხი, ფრქვევანას საქმენების რაოდენობა და დიამეტრი, მუხტის დაგრიგალების წარმომქმნელი შემშვები არხის კონსტრუქცია) ერთად, გავლენას ახდენს რეგულირებადი პარამეტრებიც, (ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი, შეფრქვეული წყალბადის ციკლური დოზა და მისი მიწოდების ხანგრძლივობა, შევსების პროცესში ჰაერის ტემპერატურა და საწვავის შეფრქვევის წინსწრების კუთხე.

რამდენადაც წყალბადძრავების გამონაჟოლქვი აირები თეორიულად შეიცავენ კანონმდებლობით შეზღუდულ მხოლოდ ერთ კომპონენტს - NO<sub>x</sub>-ის სახით, ასეთი ძრავების ეკოლოგიური კვლევა ძირითადად ამ ნივთიერების წარმოქმნის შემცირებას ეძღვნება.

ზემოაღნიშნულთან მიმართებაში მოცემულ ნაშრომში გამოკვლეულია ისეთი აქტუალური და სპეციფიკური საკითხები, როგორიცაა რეგულირებადი პარამეტრების გავლენა აირადი წყალბადის შეფრქვევით მომუშავე წყალბადდიზელის გამონაბოლქვ აირებში აზოტის ჟანგეულების შემცველობასა და ეფექტურ მაჩვენებლებზე.

### ძირითადი ნაწილი

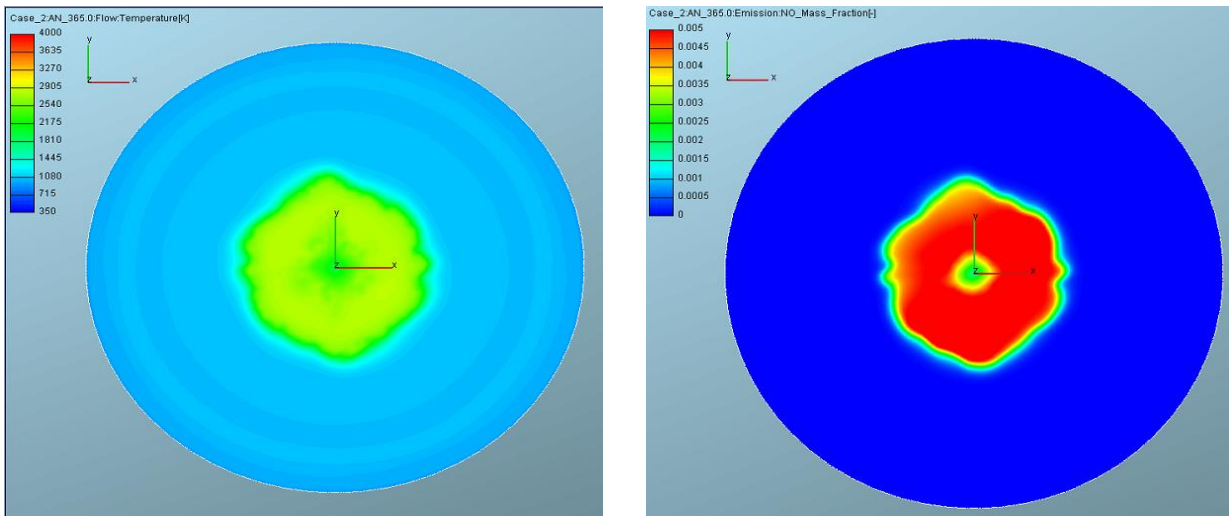
აირადი წყალბადის უშუალოდ შეფრქვევით მომუშავე წყალბადდიზელის ეკოლოგიური მაჩვენებლების კვლევა ჩატარდა სამუშაო პროცესის მათემატიკური მოდელისა და 3D CRFD-კოდის AVL FIRE-ის გამოყენებით [12,14].

მათემატიკური მოდელირებით მიღებული შედეგების უტყუარობა დამტკიცებულია, ექსპერიმენტული მონაცემების გამოყენებით. ი. ზელდოვიჩის ცნობილი, ე.წ. გაფართოებული თერმული მექანიზმის საფუძველზე მიღებული მოდელირების შედეგები შეესაბამება წვის პროდუქტებში აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაციის გაზომვით მიღებულ მონაცემებს.

კვლევა ჩატარდა სერიულ დიზელ MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილი ერთცილინდრიანი ექსპერიმენტული წყალბადდიზელის და სწრაფსვლიანი სერიული დიზელ YaMZ-236-ის ბაზაზე შექმნილი ვირტუალური წყალბადდიზელის მაგალითებზე.

საკვლევ წყალბადდიზელში მაღალი წნევის არეში საწვავის უშუალო შეფრქვევის პროცესისას, მყისიერი ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი მკვეთრად მცირდება და შეფრქვევის დასასრულს მიღებული მისი სიდიდე, ანუ ჯამური ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის მნიშვნელობა [13], ჩაბერვის წნევის რეგულირებით იცვლება ზღვრებში  $\alpha_{air\Sigma}=1,85-2,5$ . რიცხვითი ექსპერიმენტები ჩატარდა ჩაბერვის წნევის სხვადასხვა  $p_k=var$  და წყალბადის ციკლური მიწოდების მუდმივი  $m_{H_2} = 0,49$  გ/ციკლზე მნიშვნელობებისათვის.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია წყალბადდიზელის ცილინდრში დგუშის ზედა მკვდარ წერტილში ( $\varphi=360^\circ$ ) ყოფნის დროს, მყისიერი ტემპერატურების (K) და აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაციები (მასური წილები), როცა  $\alpha_{air\Sigma}=1,85$ -ს. ამასთან ეს ველები სრულ კორელაციაშია  $NO_x$ -თან მიმართებაში, რაც აიხსნება აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნის თერმული მექანიზმით. როცა  $\alpha_{air\Sigma}=1,85$ -ს ფრქვევანას საქშენის ზონაში აღინიშნება მაქსიმალური ლოკალური ტემპერატურების მაღალი სიდიდეები, რომლებიც 2940 K-ს აღწევს, გაღარიბებული ნარევის შემთხვევაში ( $\alpha_{air\Sigma}=2,5$ ) კი მცირდება 2890K-მდე. ამგვარად, შედარებით მდიდარი ნარევისას წარმოიქმნება მაღალტემპერატურაანი ლოკალური კერები, შესაბამისად, აზოტის ჟანგეულების მაღალი შემცველობით. საერთოდ, წყალბადის წვის ლოკალურ ზონებში, ტრადიციული საწვავის წვის ზონებთან შედარებით, ტემპერატურები მაღალია, რაც ხელს უწყობს აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნას.



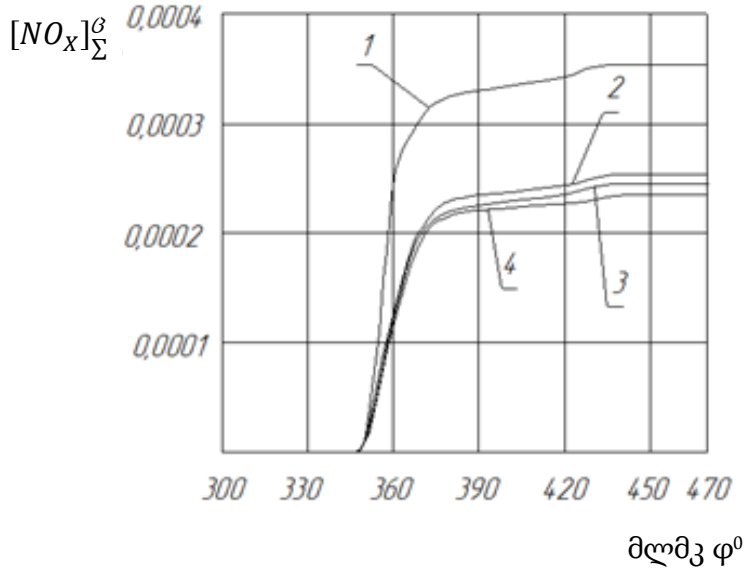
ნახ. 1. MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილი წყალბადდიზელის ცილინდრში დგუშის ზედა მკვდარ წერტილში ( $\varphi=360^\circ$ ) ყოფნის დროს მყისიერი ტემპერატურული ველები (K) და აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაციები (მასური წილები), როცა  $\alpha_{air\Sigma}=1,85$ -ს

უნდა აღინიშნოს, რომ ცილინდრის მოცულობის გასაშუალებული ტემპერატურის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $T_z=1190$  K, როცა  $\alpha_{air\Sigma}=1,85$ -ს, ხოლო  $\alpha_{air\Sigma}=2,5$ -ის დროს ტემპერატურა მცირდება 1150K-მდე. ცილინდრში წყალბადის ჰეტეროგენული წვა ხასიათდება ასევე უფრო მაღალი ტემპერატურული გრადიენტებით. მაგალითად, მუშა სხეულის ლოკალური არასტაციონარული ტემპერატურების მაქსიმალური მნიშვნელობები წყალბადის გაფრქვევის ზონაშია (ნახ.1), ხოლო დგუშის ზედაპირის სიახლოვეს კი დაახლოებით 1000 K-ის ტოლია.

როგორც მე-2 ნახაზიდან ჩანს, მუშა სხეულის ტემპერატურა უშუალო გავლენას ახდენს აზოტის ჟანგეულების ჯამური კონცენტრაციის ( $NO_x$ -ების მასური წილის, ცილინდრის მოცულობაში  $[NO_x]_{\Sigma}^G$ ) ცვლილებაზე. წვის პროცესის დაწყებიდან ციკლის მაქსიმალური ტემპერატურის ( $T=T_z$ ) მიღწევამდე შეიმჩნევა აზოტის ჟანგეულების მკვეთრი ზრდა. მაქსიმალური მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება მიუხედავად გაფართოების პროცესში ტემპერატურის საგრძნობი კლებისა და რჩება მუდმივი. ე. ი. ხდება ე. წ. „აზოტის ჟანგეულების წრთობა“.

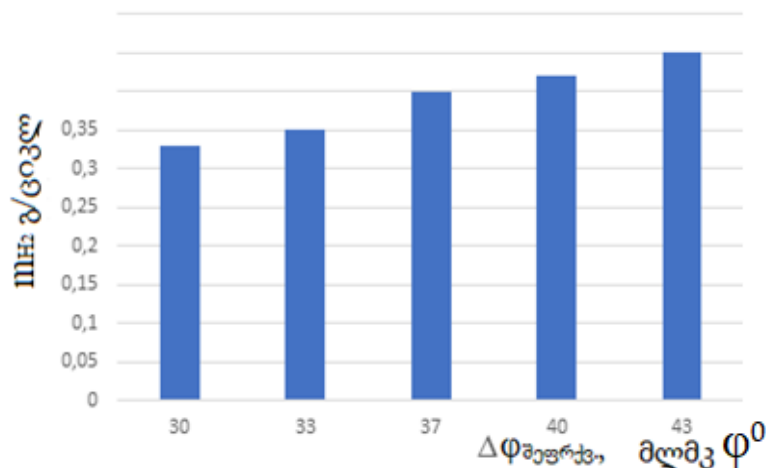
ამასთან ერთად, ციკლის განმავლობაში მაქსიმალურად გაღარიბებული სამუშაო ნარევის  $\alpha_{air\Sigma}=2,5$ -ის დროს ცილინდრის მოცულობაში აზოტის ჟანგეულების ჯამური მასური წილი  $[NO_x]_{\Sigma}^G=0,00023$ -ია, ხოლო როდესაც  $\alpha_{air\Sigma}=1,85$ -ს, მაშინ  $[NO_x]_{\Sigma}^G=0,00035$ -ია. წყალბადდიზელის სხვა ორი დანარჩენი რეჟიმისათვის  $[NO_x]_{\Sigma}^G=0,00025$ -ს, როცა  $\alpha_{air\Sigma}=2$ -ს, ხოლო  $[NO_x]_{\Sigma}^G=0,000245$ -ს, როცა  $\alpha_{air\Sigma}=2,2$ -ს (იხ. ნახ.2).

ზოგადად, აზოტის ჟანგეულების შესამცირებლად საწვავი ნარევის საგრძნობი გაღარიბების ფაქტორი მოქმედებს წყალბადდიზელშიც. მაგრამ მოცემულ შემთხვევაში აზოტის ჟანგეულების შესამცირებლად ამ მოვლენის გამოყენება არაა ისეთი ეფექტიანი, როგორცაა, მაგალითად, ნაპერწკლური ანთების აირზე მომუშავე ან ორსაწვავიან ძრავებში [2, 15].



ნახ. 2. MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილ წყალბადდიზელში აზოტის ჟანგეულების ჯამური კონცენტრაციების ცვლილება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე (1. α<sub>airΣ</sub>=1,85; 2. α<sub>airΣ</sub>=2; 3. α<sub>airΣ</sub>=2,2; 4. α<sub>airΣ</sub>=2,5) დამოკიდებულებით

ცილინდრში შეფრქვეული წყალბადის ციკლური დოზისა და მისი მიწოდების ხანგრძლივობისაგან მიწოდებული წყალბადის მასაზე დამოკიდებული აზოტის ჟანგეულების ემისიის კვლევა მიმდინარეობდა მუდმივი ჯამური ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის (α<sub>airΣ</sub>=2) დროს. ეს პირობა მიიღწეოდა ჩაბერვის წნევის რეგულირებით, წყალბადის ციკლური მიწოდება კი წყალბადის შეფრქვევის ხანგრძლივობის ცვალებადობით (ნახ. 3).



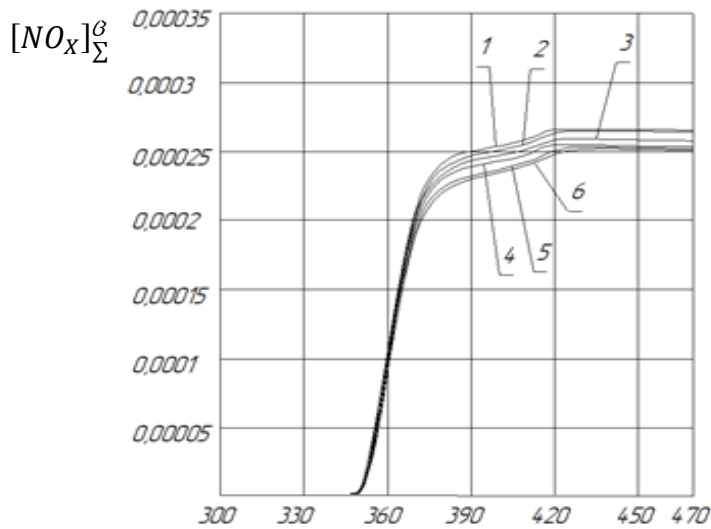
ნახ.3. MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილი წყალბადდიზელის ცილინდრში წყალბადის ციკლური მიწოდების m<sub>H<sub>2</sub></sub>-ის ცვლილება შეფრქვევის ხანგრძლივობაზე (Δφ<sub>შეფრქვ.</sub>) დამოკიდებულებით

წყალბადის ციკლური მიწოდების ზრდასთან ერთად (ნახ.3) შესამჩნევია ცილინდრის მოცულობითი საშუალო ტემპერატურის მნიშვნელობის შემცირების



ტენდენცია. ამ ტემპერატურის მაქსიმალური (პიკური) მნიშვნელობა ( $T_z$ ), წყალბადის ციკლური მიწოდების ზემოთ მითითებულ ზღვრებში ცვლილებისას, მერყეობდა 1180 K-დან 1200 K-მდე, მაგრამ შემდეგ, წვისა და გაფართოების პროცესში ხდება ტემპერატურის ზრდა შემცირებული ციკლური მიწოდების დროს. ტემპერატურებს შორის სხვაობა (დაახლოებით 60K) შესამჩნევი ხდებოდა  $\varphi=392^\circ$ -დან, როცა საწვავი უკვე მთლიანად იყო შეფრქვეული ცილინდრში. ამ დროს ტემპერატურის მაქსიმალური ლოკალური მნიშვნელობებია 2900 K, როცა  $m_{H_2} = 0,33$  გ/ციკლზე და 2700K, როცა  $m_{H_2} = 0,49$  გ/ციკლზე. ამ დროისათვის წყალბადი ძირითადად ჯერ კიდევ ფრქვევანას საქმენტანაა თავმოყრილი და ჰაერი არ ხვდება წვის ზონაში, რაც აფერხებს წვის პროცესს. ამ დროს ცილინდრში საერთო ტემპერატურის ვარდნა განპირობებულია მუშა სხეულის გაფართოებით და არა წვის პროცესის შეწყვეტით. მინიმალური ციკლური მიწოდების ( $m_{H_2} = 0,33$  გ/ციკლზე) დროს ცილინდრის მოცულობაში განაწილებული საწვავის კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად მცირეა, ვიდრე მაქსიმალური ( $m_{H_2} = 0,49$  გ/ციკლზე) დროს, რაც აისახება ლოკალური ტემპერატურების ცვლილებაზე. საწვავი ინტენსიურად ერევა ჰაერს და თბოგამოყოფის დამატებითი ტალღა იქმნება, რაც განპირობებს აზოტის ჟანგეულების დამატებით წარმოქმნას. მლმკ ფ<sup>0</sup>

როდესაც  $\alpha_{air\Sigma} = \text{const}$ , ციკლური მიწოდების ზრდასთან ერთად ცილინდრში იზრდება აირის (ჰაერ-წყალბადის ნარევის) საერთო მასა და იმატებს აირის სიმკვრივე. ამიტომ წყალბადის ჩირაღდნის შორსმსროლობა მცირდება, წყალბადის ძირითადი მასა ფრქვევანას არეში გროვდება და ჟანგბადის უკმარისობის გამო სითბოგამოყოფა მცირდება, რაც თავის მხრივ იწვევს წვის პროცესის გახანგრძლივებას. როცა  $\varphi=425^\circ$ -ს საშუალო ტემპერატურების ვარდნა ნელდება, რადგან წვის პროცესში ერთვება ის კერები, რომლებიც მასში ადრე არ მონაწილეობდა (მაღალი სიმკვრივისა და ჰაერის უკმარისობის გამო).  $\varphi=425^\circ$ -დან დაწყებული ეს იწვევს ციკლის საშუალო ტემპერატურის მატებას, მაგრამ მთლიანად ციკლის განმავლობაში წვა არსებითად ნელდება და ლოკალური ტემპერატურები მცირდება. ამ ეფექტის შედეგად მცირდება აზოტის ჟანგეულების ემისია.



მლმკ ფ<sup>0</sup>

ნახ. 4. MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილ წყალბადდიზელში აზოტის ჟანგეულების ჯამური კონცენტრაციების ცვლილება წყალბადის ციკლურ მიწოდებაზე ( $m_{H_2}$ ) დამოკიდებულებით: 1. 0,33 გ/ციკლზე; 2. 0,35 გ/ციკლზე; 3. 0,40 გ/ციკლზე; 4. 0,42 გ/ციკლზე; 5. 0,45 გ/ციკლზე; 6. 0,49 გ/ციკლზე

მე-4 ნახაზიდან ჩანს, რომ წყალბადდიზელის მუშაობისას ეკოლოგიურად ყველაზე უფრო სუფთა რეჟიმი (აზოტის ჟანგეულების მინიმალური მასური წილი არ აღემატება

0,00025), როცა ციკლური მიწოდებაა  $m_{H_2} = 0,49$  გ/ციკლზე, ხოლო ყველაზე უფრო არახელსაყრელი რეჟიმი - როცა ციკლური მიწოდებაა  $m_{H_2} = 0,33$  გ/ციკლზე. ამ დროს აზოტის ჟანგეულების მინიმალური მასური წილი 0,00027-ის ტოლია. ციკლური მიწოდების შემცირების დროს იზრდება სითბოგამოყოფის სიჩქარე და რა თქმა უნდა წნევის ზრდის სიჩქარეც, რაც ხმაურის დონეს ზრდის [2].

ამრიგად, დადგენილია აირადი წყალბადის უშუალოდ შეფრქვევით მომუშავე წყალბადდიზელის წვის პროცესში აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნაზე მოქმედი რეგულირებადი პარამეტრების - ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის, შეფრქვეული წყალბადის ციკლური დოზისა და მისი მიწოდების ხანგრძლივობის ოპტიმალური მნიშვნელობების შერჩევის შედეგად, აზოტის ჟანგეულების ემისიის შემცირების გზები.

### დასკვნა

1. დადგენილია, რომ რეგულირებადი პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების შერჩევით შესაძლებელია აირადი წყალბადის უშუალო შეფრქვევით მომუშავე წყალბადდიზელში აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნის მინიმიზირება:

- ჩაბერვის წნევის გაზრდით ჯამური ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის  $\alpha_{air\Sigma}$  გაზრდით ლოკალური ტემპერატურებისა და მუშა სხეულის საშუალო ტემპერატურები მცირდება, რაც იწვევს აზოტის ჟანგეულების კონცენტრაციების შემცირებას. მაგალითად, როდესაც  $\alpha_{air\Sigma}=2,5$  ცილინდრის მოცულობაში აზოტის ჟანგეულების ჯამური მასული წილი  $[NO_x]_{\Sigma}^G=0,00023$ .

- MAN 30/24-ის ბაზაზე შექმნილი წყალბადდიზელისათვის ეკოლოგიურად ყველაზე ოპტიმალურია წყალბადის ციკლური მიწოდების -  $m_{H_2} = 0,49$  გ/ციკლზე დოზის უზრუნველყოფა, რომლის დროს აზოტის ჟანგეულების ჯამური მასური წილი  $[NO_x]_{\Sigma}^G = 0,00025$ .

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. <https://www.autonews.ru/news/5c9114d69a7947491f827c6e?fbclid=IwAR2AVVk1WXjrnRT-c6yY1xqpxCxOVsrFGVxRyR-CGtbyoJT7YvftLDxqhVM>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 04.12.2022
2. Кавтарадзе Р.З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.- 238 с.
3. da Rosa A.V. Fundamentals of Renewable Energy Processes. London, New York, Oxford. Elsevier Press, 2005.
4. Eichlseder H., Klell M. Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik. Erzeugung, Speicherung, Anwendung. Wiesbaden: Vieweg – Teubner Verlag, 2008. 288 s.
5. Eichlseder H., Spuller Ch., Heidl R., Gerbig F., Heller K. Konzepte für die Dieselähnliche Wasserstoffverbrennung // MTZ. 2010. N 1. S. 60–66.
6. Kavtaradze, R., Natriashvili, T., and Gladyshev, S. Hydrogen-Diesel Engine: Problems and Prospects of Improving the Working Process. SAE Technical Paper 2019-01-0541, 2019.-15 p.
7. Кавтарадзе Р.З. Развитие теории рабочих процессов ДВС в МГТУ им. Н.Э. Баумана: от метода Гриневецкого до современных 3D-моделей//в журнале «Двигателестроение»: Часть 1. № 2(276). 2019. - С.3-8; Часть 2. № 3 (277). 2019.- С.8-15; Часть 3. № 4 (278). 2019.- С.3-9; Часть 4. № 1 (279). 2020.- С.3-9.
8. Kavtaradze R.Z., Cheng Rongrong, Chang Citian, Sun Baigan, Wang Yichun, Sakhvadze G. Zh. Experimental Study and 3D Modeling of Working Process of Hydrogen Engine Running on Lean Fuel Mixture. Russian Engineering Research. Vol. 41, No. 4, 2021. Pp. 296–301.
9. Xinghua L., Fushui L., Lei Z., Baigang S., Harold. J.S.. Backfire prediction in a manifold injection hydrogen internal combustion engine // International Journal of Hydrogen Energy 2008. № 33. С. 3847-3855.

10. Babayev R., Andersson A., Dalmau A. S., Im Hong G., Johansson B. Computational Characterization of Hydrogen Direct Injection and Nonpremixed Combustion in a Compression-Ignition Engine. International Journal of Hydrogen Energy. April 2021. -16 p.
11. Cernat A., Pana C., Negurescu N., Lazaroiu G., Nutu C., Fuiiorescu D. Hydrogen—An Alternative Fuel for Automotive Diesel Engines Used in Transportation. MDPI, Sustainability, N12. – 2020.- P. 1-21.
12. Tatschl R. 3D-CFD Simulation of Flow, Mixture Formation and Combustion with AVL FIRE // Developments in CFD: Reliable Use of CAD-based Software Including Dedicated Codes: NAFEMS Seminar. Wiesbaden (Germany), 2007. Pp. 1–10.
13. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. 2-е издание. Москва. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.-589 с.
14. Chilashvili G. Comparative Analysis of the Hydrogen and Conventional Engines and the Influence of the Shape of the Combustion Chamber on their Environmental and Efficiency Indicators. PROBLEMS OF MECHANICS, Tbilisi, 2022, №1(86), pp. 25-35.
15. Kavtaradze R.Z., Zelentsov A.A., Krasnov V.V. Local Heat Transfer in Diesel Combustion Chamber Converted to Operate on Natural Gas and Hydrogen. High Temperature, Vol. 56, No. 6. -2018, pp. 900–909.

### **Influence of adjustable parameters of a diesel engine with direct injection of gaseous hydrogen on its environmental and performance indicators**

**Jumber Iosebidze, Otar Gelashvili, Tamaz Natriashvili,  
Revaz Kavtaradze, Giorgi Chilashvili**

#### **Abstract**

A relatively little explored concept of a hydrogen engine is considered: a diesel engine with direct injection of gaseous hydrogen, in the exhaust gases of which nitrogen oxides NO<sub>x</sub> are the only harmful substances limited by law. Using a 3D mathematical model based on equations of the Navier-Stokes type, the influence on the process of formation of nitrogen oxides of such controlled parameters as the excess air coefficient, the cycle dose of injected hydrogen and the duration of its supply was studied. The optimal values of these parameters, which ensure the minimization of the NO<sub>x</sub> concentration, have been established.

### **Исследование влияния регулируемых параметров дизеля с непосредственным впрыском газообразного водорода на его экологические и экономические показатели**

**Джумбер Иосебидзе, Отар Гелашвили, Тамаз Натриашвили,  
Реваз Кавтарадзе, Георгий Чилашвили**

#### **Резюме**

Обсуждается перспективная, но малоизученная концепция водородного двигателя: дизельного двигателя с непосредственным впрыском водорода, в котором образующиеся оксиды азота NO<sub>x</sub> являются единственными вредными веществами, ограничиваемыми законодательством. Соответственно, с помощью трехмерной математической модели, основанной на уравнениях типа Навье-Стокса, исследуется влияние коэффициента избытка воздуха, цикловой дозы впрыскиваемого водорода и продолжительности его подачи на процесс образования NO<sub>x</sub> в камере сгорания водородного дизеля. Установлены оптимальные значения этих параметров, обеспечивающие минимизацию концентрации NO<sub>x</sub>.

## გამოყოფილ ზოლებში მომუშავე საქალაქო

### ავტობუსების ეფექტურობის შეფასება

დავით ფრიდონაშვილი\*\*, რეზო თედორაძე\*,

ხათუნა მღებრიშვილი\*\*

*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;*

*\*\*ასოცირებულიპროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში ჩამოთვლილია ის პრობლემები, რომლებიც გამოწვეულია ავტომობილიზაციის სწრაფი ზრდით. აღნიშნული პრობლემების გადასაჭრელად არსებულ ღონისძიებათა შორის უპირატესობა მინიჭებული აქვს საერთო სარგებლობის საქალაქო ავტობუსებისათვის სპეციალური ზოლების გამოყოფას. საქალაქო ავტობუსების ეფექტურობის შესაფასებლად გამოყოფილ ზოლებში ექსპლუატაციისას წარმოდგენილია მეთოდოლოგია ოპტიმიზაციის განზოგადებული ტექნიკური პარამეტრის გამოყენებით, ე.წ. ავტომობილის მუშაობის ეფექტურობის კოეფიციენტი. ეს უკანასკნელი ითვალისწინებს ავტომობილის ძირითად საექსპლუატაციო მახასიათებლებს: მოძრაობის საშუალო სიჩქარესა და საწვავის ხარჯს.

**საკვანძო სიტყვები:** საქალაქო ავტობუსი, გამოყოფილი ზოლი, ეფექტურობის კოეფიციენტი, საშუალო სიჩქარე, საწვავის ხარჯი.

### შესავალი

მსოფლიოში მიმდინარე ეკონომიურმა, პოლიტიკურმა, სოციალურმა და სხვა ფაქტორებმა განაპირობეს მოსახლეობის გადაადგილებაზე მოთხოვნილების ზრდა, რამაც ცხადია გამოიწვია რაოდენობრივი მატება სატრანსპორტო საშუალებებისა. ამ პროცესების პარალელურად ვითარდებოდა ინფრასტრუქტურა, მაგრამ საავტომობილო გზების გამტარუნარიანობის ზრდის ტემპები მნიშვნელოვნად ჩამორჩა - მოძრავი შემადგენლობისას. ყოველივე ზემოთქმულმა კი გამოიწვია საავტომობილო გზებზე გახშირებული საცობები და მოძრაობის საშუალო სიჩქარეების შემცირება. აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ იგრძნობა საქალაქო მარშრუტებზე მოძრავი ავტობუსებისთვის, რომელთა გადაადგილების სიჩქარე შემცირდა 12...15 კმ/სთ-მდე, რაც ცხადია ძალიან შორს არის მათ ტექნიკურ შესაძლებლობებთან და იწვევს მოსახლეობის უკმაყოფილებას.

მარშრუტზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსის გადაადგილების საშუალო სიჩქარე ზემოთ აღნიშნულის გარდა დამოკიდებულია სხვა მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან პრიორიტეტულია შემდეგები:

- მოძრაობის ზოლის ტიპი (ჩვეულებრივი ტრანსპორტის საერთო ნაკადში, ჩქაროსნული ავტომაგისტრალი საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის, გამოყოფილი ზოლი საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის);

- დაგეგმილ და იძულებით გაჩერებებს შორის საშუალო მანძილი;

- ერთ გაჩერებაზე დგომის საშუალო დრო;

- ავტობუსის ტექნიკური პარამეტრების შესაბამისობა ექსპლუატაციის პირობებთან.

მთელი რიგი თეორიული და პრაქტიკული კვლევებით დადასტურებულია, რომ თანამედროვე პირობებში ეფექტური საშუალება საავტომობილო გზების დატვირთვის შემცირებისა და მგზავრთა მომსახურების ხარისხის გაზრდის არის საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის, კერძოდ საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსებისთვის სპეციალური ზოლების გამოყოფა. ამიტომ აღნიშნული საკითხისადმი მიძღვნილი ყოველი ნაშრომი საჭირო და აქტუალურია.

### ძირითადი ნაწილი

როგორც აღინიშნა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გზა საზოგადოებრივი სამგზავრო ტრანსპორტის ეფექტურობის გასაზრდელად არის მარშრუტზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსებისთვის სპეციალური ზოლების გამოყოფა. აღნიშნულის განსახორციელებლად საჭიროა გათვალისწინება მთელი რიგი ფაქტორებისა: მარშრუტზე მომუშავე მოძრავი შემადგენლობის რაოდენობა, მთლიანი სატრანსპორტო ნაკადი და მისი შემადგენლობა, გასაჩერებელი პუნქტების რაოდენობა და გამტარიანობა, მგზავრთნაკადები, შუქნიშნების განლაგების სიმჭიდროვე და მათი რეგულირების რეჟიმები, გზის სავალი ნაწილის გეომეტრიული პარამეტრები, მოძრაობის სიჩქარეები და სხვა. თუ ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილს დავეუმატებთ უშუალოდ ზოლების გამოსაყოფად ჩასატარებელ ძირითად და დამხმარე ოპერაციებს, მაშინ ცხადი ხდება, თუ რა ფინანსები და შრომითი რესურსებია საჭირო სპეციალური ზოლების გამოსაყოფად. თავისთავად ცხადია, რომ თუ რომელიმე აღნიშნული ღონისძიება არასრულყოფილად ან შეცდომით წარიმართა, მარშრუტზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსების ექსპლუატაცია არ იქნება ეფექტური და საბოლოო ჯამში შეიძლება როგორც ტექნიკური, ასევე ეკონომიური პარამეტრებით აღმოჩნდეს წამგებიანი.

ზემოთ დასახელებულ სამუშაოებში მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის თვითონ საქალაქო ავტობუსების შეფასებას და შერჩევას. საყოველთაოდ ცნობილი ფაქტია, რომ მოძრავი შემადგენლობის მუშაობა არ იქნება ეფექტური, თუ მისი ტექნიკური მახასიათებლები არ შეესაბამება ექსპლუატაციის პირობებს. როგორც ამ შესაბამისობის, ასევე საქალაქო ავტობუსებისათვის სპეციალური ზოლების გამოსაყოფად გაწეული სამუშაოების შეფასება უმეტესად ხდება მხოლოდ მოძრაობის საშუალო სიჩქარის ცვლილების გათვალისწინებით (იხ. ცხრ.1).

ცხრილი 1

საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის საშუალო სიჩქარეები, კმ/სთ

საშუალო მანძილი გაჩერებებს შორის, (კმ)		გაჩერებაზე დგომის დრო (წმ)					
		10	20	30	40	50	60
00,16	საერთო ნაკადში	10	8	8	6,4	5,4	4,8
	გამოყოფილ ზოლებში	14,5	11	11	8	6,4	6,4
00,32	საერთო ნაკადში	14,5	13	11	10	10	8
	გამოყოფილ ზოლებში	26	21	18	16	14,5	13
00,40	საერთო ნაკადში	16	14,5	13	11	11	10
	გამოყოფილ ზოლებში	29	24	21	18	16	14,5
0,80	საერთო ნაკადში	18	16	16	14,5	14,5	13
	გამოყოფილ ზოლებში	40	35	32	29	26	24

მიზანშეწონილად მიგვაჩნია საქალაქო ავტობუსების ეფექტურობის შეფასება კომპლექსური მაჩვენებლებით - განზოგადებული ოპტიმიზაციის პარამეტრებით, რომლებიც შეიძლება იყოს როგორც ტექნიკური, ასევე ტექნიკურ-ეკონომიკური. ეს უკანასკნელი შეიძლება იყოს გამოსახული დაყვანილი ხარჯებით ან თვითღირებულებით. ეკონომიკური გაანგარიშება გაცილებით შრომატევადია, ავტომობილის ახალი მოდელის შემთხვევაში არ გვაქვს ან გამწვანებულია საწყისი მონაცემების დადგენა, ხშირია ფასების ცვლილება საკმაოდ დიდ ზღვრებში. აღნიშნულთან ერთად გასათვალისწინებელია ისიც, რომ საქალაქო ავტობუსებისათვის სპეციალური ზოლების გამოყოფის ერთ-ერთი მთავარი მიზანი არის მოსახლეობის მიერ გადაადგილებაზე დახარჯული დროის შემცირება, რის ეკონომიკური შეფასება საკმაოდ გართულებულია და ხასიათდება დიდი ცდომილებით.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია საქალაქო ავტობუსების ეფექტურობის შეფასება მოხდეს ოპტიმიზაციის განზოგადებული ტექნიკური პარამეტრით, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება შემდეგი სიდიდეები: მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, საწვავის ხარჯი და ტვირთის მასა. ამიტომ ჩვენს მიერ შერჩეულ იქნა ავტომობილის მუშაობის ეფექტურობის კოეფიციენტი  $\eta_{\text{აფ}}$ , რომელიც წარმოადგენს გადასატანი ტვირთის კინეტიკურ ენერჯისა და დახარჯული საწვავის თბური ენერჯის ფარდობას გამოსახულს პროცენტებში:

$$\eta_{\text{აფ}} = \frac{m_H \cdot V_{cp}^2}{Q_s \cdot \gamma_T} \cdot C \quad (1)$$

ამ ფორმულაში

$m_H$  - ტვირთის მასა, კგ;

$V_{cp}$  - მოძრაობის საშუალო სიჩქარე, კმ/სთ;

$Q_s$  - საწვავის ხარჯი, ლ/100კმ;

$\gamma_T$  - საწვავის სიმკვრივე, კგ/ლ;

$C$  - მუდმივი კოეფიციენტი - 1/115000 იმ ავტომობილებისათვის, რომელთა ძრავებიც მუშაობენ ბენზინის საწვავზე, 1/113500 იმ ავტომობილებისათვის, რომელთა ძრავებიც მუშაობენ დიზელის საწვავზე. შემოთავაზებული ფორმულა (1) საშუალებას იძლევა მრავალფაქტორიანი შეფასება შემდეგი პარამეტრებით: მოძრაობის სიჩქარე, საწვავის ხარჯი, გადაყვანილ მგზავრთა რაოდენობა.

### დასკვნა

წარმოდგენილ მეთოდიკის მიხედვით შეფასება-შერჩევა გამოყოფილ ზოლებში მომუშავე საქალაქო ავტობუსებისა მნიშვნელოვნად გაზრდის მათ ეფექტურობას.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. დ. ფრიდონაშვილი, რ. რევაზიშვილი, ა. ჩიბარაშვილი. გამოყოფილ ზოლერბში მომუშავე საქალაქო ავტობუსების გადაზიდვების ეფექტურობის ამაღლებსა გაჩერებებს შორის მანძილების რაციონალურად დაგეგმვით; ს/ტ ქურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, თბილისი, #1, 2022 წ., გვ.20-24;
2. დ. ფრიდონაშვილი, ნ. დიასამიძე. ავტომობილის მოძრაობის ციკლური რეჟიმების შეფასება ეფექტურობის კოეფიციენტით, თბილისი, #3, 2015 წ. გვ.80-84.
3. Жиркова А.А., Тутова П.А., Гасов К.А. Обоснование введения выделенных полос для маршрутно пассажирского транспорта, ЕСУ, №1, 2016 г, стр. 52-55.

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF CITY BUSES WORKING IN  
ALLOCATED LANES**

**David Pridonashvili, Rezo Tedoradze, Khatuna Mgebrishvili**

**Abstract**

The article lists the problems caused by the rapid growth of motorization. Among the measures available to solve this problem, preference is given to the allocation of special lanes for. Route vehicles of general use. To assess the efficiency of city buses in dedicated lanes, a methodology is presented using generalized optimization parameters, the so-called. Vehicle operation efficiency coefficients. This parameter takes into account the main operational indicators of the vehicle: average speed and fuel consumption.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ  
РАБОТАЮЩИМИ В ВЫДЕЛЕННЫХ ПОЛОСАХ**

**Давид Придонашвили, Резо Тедорадзе, Хатуна Мгебришвили**

**Резюме**

В статье перечислены проблемы обусловленные быстрым темпами роста автомобилизации. Среди имеющихся для решения указанной проблемы мер предпочтение отдано выделению специальных полос для. маршрутных транспортных средств общего пользования. Для оценки эффективности городских автобусов в выделенных полосах представлена методика с использованием обобщенных параметров оптимизации, т.н.коэффициентов эффективности работы автомобиля. В указанном параметре учтены основные эксплуатационные показатели автомобиля: средняя скорость движения и расход топлива.

უკ 629.113.004.

## საერთაშორისო სატვირთო გადაზიდვებზე მომუშავე ავტომობილების პარამეტრების გამოვლენა

დიმიტრი ბალახაძე\*

\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. N71, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** საავტომობილო ტრანსპორტი, როგორც ტექნიკის მეცნიერული განვითარების ძირითადი ტენდენცია, მიმართულია საწარმოო საქმიანობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების პრაქტიკული რეალიზაციისაკენ. ამ დროს ეფექტიანობა ფასდება ტექნოლოგიური პროცესის ორი კრიტერიუმით: მოძრავი შემადგენლობის ტვირთამწეობის ან/და ტევადობის ერთეული და მუშაობის თვითღირებულებით. ავტომობილის მწარმოებლობაზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, რომელიც ერთიმეორესთან რთულ ფუნქციონალურ კავშირში არიან. ამ ფაქტორების გამოსავლენად და გამოსაკვლევად მოხდა საქართველოში რეგისტრირებული საერთაშორისო სატვირთო გადაზიდვებით დასაქმებული და ნებართვის მქონე ავტოსატრანსპორტო საშუალებების კვლევა. ნაშრომში გადმოცემულია აღნიშნული პროცესი.

**საკვანძო სიტყვები:** ეფექტურობა, საავტომობილო პარკი, მუშა დღეები, დროის განაწილების სიმჭიდროვე, გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი.

### შესავალი

იმ პირობიდან გამომდინარე, რომ საავტომობილო გადაზიდვების მაღალ ეფექტიანი ორგანიზაციის მისაღებად შერჩეული უნდა იქნას განზოგადოებული მაჩვენებელი - მუშაობის დროის ერთეული, ერთი საათი. იგი გულისხმობს ავტომობილის საათური გამომუშავების ცვლილებას და მუშაობის ერთეულის თვითღირებულებას, როდესაც მოღებულ საათური მოგება იზრდება საბაზოსთან შედარებით ან რჩება უცვლელი მაშასადამე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ საათური მოგება შეიძლება მიღებული იქნას ავტომობილის გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების ძირითად მაჩვენებლად. იგი მოიცავს სატრანსპორტო საშუალების გამოყენების ჯამურ მახასიათებლებს, რომელთა თანახმადაც ეფექტიანობის ამაღლება წარმოადგენს საათური მოგების ამაღლებას. ეს კი სრულად ითვალისწინებს საავტომობილო ტრანსპორტის თავისებურებებს და სპეციფიკაციას. ამგვარად, ვხედავთ, რომ სატვირთო მოძრაობის ორგანიზება საერთაშორისო გადაზიდვებზე ერთ-ერთი მთავარი და შრომატევადი ფუნქციაა. ჩვენ შევძელით ჩამოგვეთვალა საერთაშორისო გადაზიდვების ძირითადი მახასიათებლები, მაგრამ მათი დიაპაზონი ბევრად უფრო მრავალფეროვანია. სწორედ ამ მახასიათებლების მოხერხებული ასახვისათვის მსხვილი მწარმოებლები და სატრანსპორტო კომპანიები აქტიურად ავითარებენ კონტროლისა და მონიტორინგის სხვადასხვა საინფორმაციო სისტემებს, რომელთა მეშვეობითაც მოხდა აღნიშნული კვლევა.

### ძირითადი კვლევა

კვლევის ობიექტად აღებული იქნა საქართველოში რეგისტრირებული საერთაშორისო სატვირთო გადაზიდვებით დასაქმებული და ნებართვის მქონე ავტომატარებლები, ერთეული (ცალკეული) და შესახსრებული სატრანსპორტო საშუალებები. აღნიშნული საავტომობილო პარკი მოიცავს სხვადასხვა ხნოვანების,



**ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1 (56) 2023წ.**

ტვირთამწეობის და გარბენის მქონე ტვირთის გადასაზიდად განკუთვნილ ავტოსატრანსპორტო საშუალებებს. შესაბამისად, არაერთგვაროვანია მათი გამოყენების დონე და მუშაობის პარამეტრები. ცხრილი 1-ში მოცემულია პარკის სტრუქტურული და რაოდენობრივი მაჩვენებლები 2022 წლის მონაცემების მიხედვით.

**ცხრილი 1**

N	ავტომობილის მოდელი, მარკა	გამოშვების წლები	ევრო კატეგორია	ტვირთამწეობა 20 ტ-ის ზევით	რაოდენობა
1	DAF XF 105	2008-2016	ევრო-5	X	183
2	DAF XF 105	2017-2021	ევრო-6	X	101
3	MAN GTX	2007-2015	ევრო-5	X	134
4	MAN GTX	2015-2020	ევრო-6	X	73
5	Scania R	2010-2016	ევრო-5	X	173
6	Scania R	2017-2021	ევრო-6	X	155
7	Iveco Stralis	2009-2017	ევრო-5	X	83
8	Iveco Stralis	2017-2019	ევრო-6	X	45
9	Renault Magnum	2010-2013	ევრო-5	X	24
10	Renault T	2017-2018	ევრო-6	X	35
11	Volvo FH	2009-2015	ევრო-5	X	34
12	Volvo FH	2018	ევრო-6	X	7
13	Mercedes-Benz Actros	2008-2016	ევრო-5	X	147
14	Mercedes-Benz Actros	2016-2022	ევრო-6	X	87
15	Mercedes-Benz Actros	2017	ევრო-6	O	3

საერთაშორისო გადაზიდვების თანამედროვე მოთხოვნების დონის გათვალისწინებით, მოცემულ ავტომობილებს მუშაობა უწევთ კონკურენტულ პირობებში ტვირთების ძირითადად იმპორტის განხორციელებაში. საქართველო არის ტმეკ-ის წევრი და ახორციელებს გადაზიდვებს სხვადასხვა ევროპულ ქვეყნებში, დამკვეთის მოთხოვნების შესაბამისად. ცხრილი 2-ში მოცემულია ამ ქვეყნების ჩამონათვალი გადაზიდვების სვლების და მოცულობების ჩვენებით.

**ცხრილი 2**

N	ქვეყნის დასახელება	გადაზიდვის საშუალო მანძილი, კმ	დატვირთული რეისების რაოდენობა	ტვირთვის მოცულობა წელიწადში ტონებში
1.	ავსტრია	3300	137	2836
2.	ბელგია	4400	260	4715
3.	ბულგარეთი	1950	114	2583
4.	ხორვატია	3100	6	80
5.	ჩეხეთი	2500	426	8785
6.	დანია	4416	24	355
7.	ესტონეთი	3000	59	933
8.	ფინეთი	3150	24	308
9.	საფრანგეთი	4275	124	2609
10.	გერმანია	3800	950	21261
11.	საბერძნეთი	2385	302	3466

ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1 (56) 2023წ.

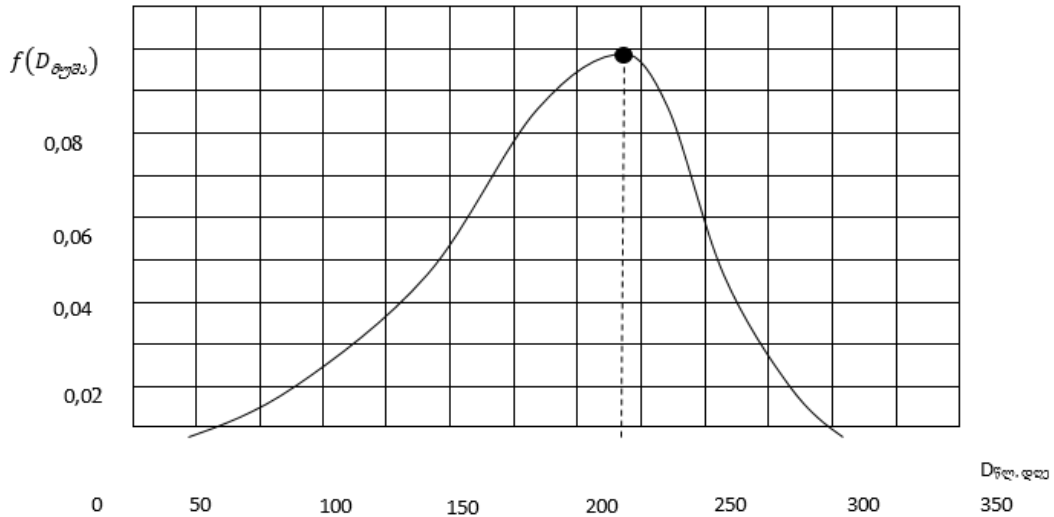
12.	უნგრეთი	2900	47	915
13.	ირლანდია	5300	12	16
14.	იტალია	3790	751	15575
15.	ლატვია	2850	95	2115
16.	ლიტენშტეინი	27	7	0
17.	ლიტვინია	2770	112	2285
18.	ლუქსემბურგი	80	6	0
19.	მალტა	0	0	0
20.	ნიდერლანდების სამეფო	4290	345	7757
21.	ნორვეგია	5100	6	94
22.	პოლონეთი	3650	753	17139
23.	პორტუგალია	5550	6	5
24.	რუმინეთი	2395	106	1396
25.	სლოვაკეთი	3050	54	1104
26.	სლოვენია	2945	83	1399
27.	ესპანეთი	5075	24	241
28.	შვედეთი	625	3	0
29.	შვეიცარია	3730	40	868
30.	გაერთიანებული სამეფო	4790	24	420
31.	ალბანეთი	365	3	0
32.	სომხეთი	300	1093	24200
33.	აზერბაიჯანი	590	689	14515
34.	ბელორუსი	2600	83	1550
35.	ბოსნია- ჰერცეგოვინა	350	5	0
36.	ჩრდილო მაკედონია	2330	7	155
37.	მოლდოვა	2600	99	2247
38.	მონტენეგრო	165	6	0
39.	რუსეთი	3000	1432	32133
40.	სერბეთი	2365	18	196
41.	თურქეთი	1200	11163	245402
42.	უკრაინა	2750	306	6235
ჯამში:			19804	425897

ავტომობილების მუშაობა კონკრეტულ მარშუტებზე კონკრეტული ქვეყნების მიხედვით კონტროლირებადია თანამედროვე საინფორმაციო საშუალებებითა და კავშირებით. ამასთან, იცვლება საექსპლუატაციო პირობები (საგზაო, კლიმატური და სხვა). სამარშუტო ქსელის შესწავლით და ანალიზით ჩვენს მიერ დადგენილ იქნა, რომ გავლილი მთლიანი მანძილის დაახლოებით 30% -ს ავტომობილები მოძრაობენ ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში, 60%-ს - ავტომაგისტრალებზე და 10%-ს - მთიან პირობებში. მრავალი ფაქტორის გათვალისწინებით, ზოგადი დახასიათებისათვის ცხრილი 3-ში მოცემულია საერთაშორისო გადაზიდვაზე მომუშავე სატვირთო ავტომობილების საექსპლუატაციო- ტექნიკური მაჩვენებლები.

№	მაჩვენებლის დასახელება	განზომილება, აღნიშვნა	რაოდენობა
1.	მუშა დღეების რაოდენობა წელიწადში	$D_{\text{წლ. მუშა, დღე}}$	260
2.	განწესის ყოფნის დრო (დღეში)	$T_{\text{გან. სთ.}}$	9-12
3.	წელიწადში შესრულებული რეისები	$N_{\text{რეის.}}$	24
4.	ავტომობილის დღიური გარბენა	$L_{\text{დღ. კმ}}$	600
5.	ავტომობილის წლიური გარბენა	$L_{\text{წლ. კმ}}$	120000
6.	მომძრაობის საშუალო (ტექნიკური) სიჩქარე	$V_{\text{ტ. კმ/სთ}}$	60
7.	ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი	$\gamma_{\text{საშ}}$	0,92
8.	გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი	$\beta_{\text{საშ}}$	0,63
9.	დატვირთვა-განტვირთვაზე დახარჯული დრო	$T_{\text{დ.გ. სთ.}}$	1
10.	მოცდენა. უწესივრობის (მტყუნების) აღმოფხვრაზე	$T_{\text{მოც. სთ}}$	170
11.	მოცდენა საბაჟო გაფორმებისას	$T_{\text{საბ.}}$	36
12.	შესრულებული სატრანსპორტო მუშაობა	$W_p, \text{ ტკმ}$	8640

ცხრილში მოცემული მაჩვენებლების მნიშვნელობების უმრავლესობა პირობითია და ასახავს მათ საშუალო სიდიდეებს. ისინი კონკრეტული ავტომობილებისათვის კონკრეტულ რეისებზე მოითხოვენ დაზუსტებასა და გამოვლენას. უმთავრესი პრობლემა ქვეყნის საავტომობილო პარკისათვის, რომელიც დაახლოებით 1284 (ტმეკ ნებართვებით მოძრავი) ერთეულს მოიცავს, არის მათი გამოყენების დაბალი დონე. გამსხვილებული მაჩვენებლით გაანგარიშებისას, იგი დაახლოებით შეადგენს 0,6-ს, რაც სხვადასხვა ფაქტორით არის განპირობებული. ზოგიერთი სატრანსპორტო საშუალება დაკავებულია მთელი წლის განმავლობაში, არის ავტომობილები, რომლებიც ერთ ან ორ გასვლას ახორციელებს. მოცემული ავტომობილების წელიწადში მუშა დღეების სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგად ნახაზი 1-ზე მოცემულია მათი განაწილების სიმჭიდროვის ექსპერიმენტული და თეორიული მრუდები. დასაკვირვებელი ავტომობილების რაოდენობა აღებული იქნა  $N_{\text{დატ}}=150$  ავტ.

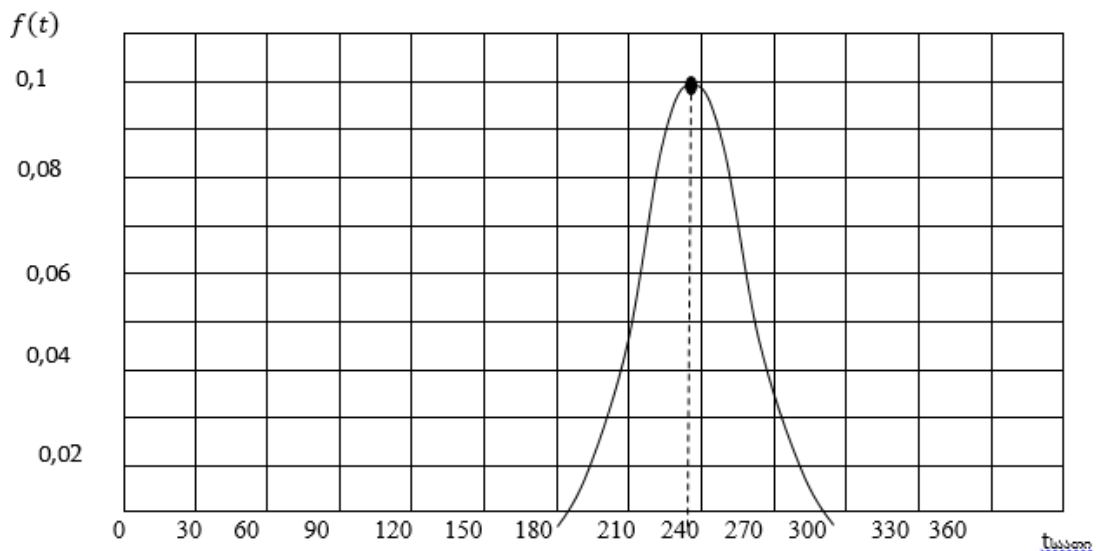
სტატისტიკური მონაცემების დაშვების შედეგად გამოვლენილ იქნა, რომ განაწილების სიმჭიდროვე ექვემდებარება ექსპონენციალურ კანონს პარამეტრებით:  $D_{\text{მუშა}}^{\text{საშ}} = 220$  დღე. ვარიაციის კოეფიციენტით  $V=0,09$ . როგორც აღვნიშნეთ, მაღალი დისპერსია განპირობებულია იმ ავტომობილების სიმრავლით, რომლებიც დაბალი გამოყენების დონით ხასიათდებიან. განაწილების პარამეტრები შეიძლება დაზუსტებული იქნას საანგარიშო ცხრილებში მუშა დღეების ნაცვლად მუშა საათების შეტანით. მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ის გარემოება, რომ არ იყოს დარღვეული კანონმდებლობით მიღებული მძღოლის კვირეული და თვიური მუშაობის დროს ნორმატივები სთ-ში.



ნახ. 1. წელიწადში მუშა დღეების განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი

ეფექტურობის ცვლილების (შემცირების) კრიტერიუმის გათვალისწინებით, განსაკუთრებით საყურადღებოა კონკრეტულ მარშრუტებზე საწყისიდან საბოლოო პუნქტებამდე ტვირთების გადაზიდვებზე დახარჯული დროის სიდიდის ცვლილებების კანონზომიერების გამოვლენა. ბუნებრივია, ასეთი მაჩვენებლის დადგენა უნდა მოხდეს ერთი და იგივე ან მსგავსი მოდელის ავტომობილებისთვის და მოხდეს ნორმალურ მაჩვენებელთან შედარება ანუ გამოვლინდეს ნორმატივიდან გადახრის სიდიდე (დააგვიანა ან მივიდა ნაადრევად ბოლო პუნქტში) ყველაზე დამახასიათებელ და დატვირთულ მარშრუტზე შესრულებული რეისების დროს სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით. მაგალითისთვის, აღებული იქნა კონკრეტული მარშრუტი თბილისი - გალარატი (იტალია). ნახაზი 2-ზე მოცემულია დახარჯული დროის განაწილების სიმჭიდროვის თეორიული მრუდი.

განაწილების პარამეტრების განსაზღვრისას (მრუდის აგება) მხედველობაში იქნა მიღებული პირობა, რომ ერთი მძღოლის მართვის დრო არ აღემატება 9 სთ-ს დღე-ღამეში სათანადო გრაფიკით (შესვენება, დასვენება, კვება და სხვა.)



ნახ. 2. ტვირთების გადაზიდვებზე დახარჯული დროის განაწილების სიმჭიდროვის მრუდი.

როგორც გრაფიკიდან ჩანს, დროის განაწილების საშუალო მნიშვნელობა  $t_{საშ}$  შედგენს 230 სთ-ს. ნორმალური კანონის შემთხვევაში, ვარიაციის კოეფიციენტი (გაზნევის ხარისხი)  $V=0,1$  და საშუალო კვადრატული გადახრა იქნება  $\sigma(t)=t_{საშ} \cdot V=230 \cdot 0,1=23$  სთ.  $t_{საშ}$  ნორმატიულთან შედარებამ აჩვენა, რომ სხვაობა შეადგენს  $\pm 1$  სთ.

მეორეს მხრივ, თუ მოვახდენთ დახარჯული დროის რეალურ დიფერენცირებას და ავიღებთ მხოლოდ მოძრაობის დროს  $t_{მოძ}$ . მაშინ მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარე იქნება  $V_{ტ} = L_{მოძ} / t_{მოძ}$  მოცემული კონკრეტული მაგალითისათვის იგი შეადგენს 64 კმ/სთ. როგორც ცნობილია იგი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს ავტომობილის ეფექტური გამოყენების (მწარმოებლობის) განსაზღვრისა და შეფასებისათვის. გასაგები მიზეზების გამო, ტექნიკური სიჩქარის მნიშვნელობები იცვლება სხვა და სხვა ფაქტორების გავლენის გამო (საგზაო პირობები, მოძრაობის ორგანიზაცია, გზაჯვარედინები, ინტენსიურობა, მოძრაობის ორგანიზაცია, საცობები, ავტომობილის დინამიკური მაჩვენებლები, მძღოლის კვალიფიკაცია, კლიმატური პირობები და სხვა.)

საკვლევი ავტომობილების ეფექტური ფუნქციონირების შეფასებისა და ანალიზისათვის მნიშვნელოვანია აგრეთვე ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტის ცვლილების კანონზომიერების გამოვლენა. სხვადასხვა მოდელის სპეციალური დანიშნულების სატვირთო ავტომობილების (კონტეინერული და სხვა) მუშაობის შესწავლითა და ანალიზით დადგინდა, რომ აღნიშნული კოეფიციენტის განაწილება ექვემდებარება ნორმალურ კანონს და მისი საშუალო სიდიდე იცვლება  $\gamma_{საშ} \approx 0,92 \div 1,0$  ზღვრებში და, მაშასადამე, ეფექტურობაზე დიდად გავლენას არ ახდენს.

განსაკუთრებული ყურადღება იქნა გამახვილებული ეფექტურობის შემფასებელი ისეთი პარამეტრის შესახებ, როგორცაა გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი- $\beta$ . იგი წარმოადგენს ტვირთიანი გარბენის შეფასებას მთლიან გარბენსთან. ცხადია, რომ ეს კოეფიციენტი განსაზღვრული უნდა იქნას კონკრეტული ავტომობილისათვის კონკრეტულ მარშრუტზე შესრულებული რეისის მიხედვით, იგულისხმება უკუმიმართულების მარშრუტის ცვლილებაზე და განხორციელებულ სატვირთო გადაზიდვებზე სრულიად ან ნაწილობრივ. ასეთ პირობებში იგი იცვლება  $\beta=0,5 \div 1,0$ -მდე ზღვრებში. საავტომობილო პარკის ზოგადი შეფასებისათვის, შესწავლილ იქნა მთლიანად შესრულებული რეისებისათვის აღნიშნული კოეფიციენტის ცვლილების კანონზომიერება. პირობითად, იგი შეიძლება დაყოფილ იქნას 4 ჯგუფად:

პირველი ჯგუფი - რეისების რაოდენობა აღნიშნული კოეფიციენტით  $0,48 \div 0,5$  უკუტვირთები საერთოდ არ აქვს;

მეორე ჯგუფი, კოეფიციენტით  $0,5$ -დან  $0,65$ -მდე

მესამე ჯგუფი -  $0,65$ -დან  $0,80$ -მდე

მეოთხე ჯგუფი  $0,80$ -დან  $0,98$ -მდე.

რეისების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პირველ ჯგუფში ყველაზე უარესი მოიცავს დაახლოებით  $0,5$ -ს; მეორე ჯგუფი -  $0,62$ ; მესამე ჯგუფი -  $0,78$  და მეოთხე, ამ მხრივ ყველაზე საუკეთესო -  $0,97$ -ს. ბუნებრივია, ამ კოეფიციენტის სულ მცირე რამდენიმე მეასედით გაზრდაც კი მნიშვნელოვნად ზრდის ავტომობილის მწარმოებლობას, ამცირებს გადაზიდვების თვითღირებულებას, მაგრამ მისი ამაღლება დამოკიდებულია მთელ რიგ ორგანიზაციულ-ტექნიკური ღონისძიებების ოპერატიულ განხორციელებაზე, უპირველეს ყოვლისა, უკუტვირთების მოძიებისა და არსებობის შემთხვევაში მის რეალიზაციაზე. საუკეთესო ვარიანტია თუ ასეთი ტვირთები იგივე ქალაქშია, კარგია თუ არის იმავე ქვეყნის სხვა უახლოეს ქალაქში, ან სხვა დასახლებულ პუნქტში. უარესია, თუ ტვირთი მოსაძიებელია მეზობელ ქვეყანაში ან მარშრუტზე მყოფ რომელიმე ქვეყანაში, ვინაიდან, საუბარია ავტომობილის გამოყენების ეფექტიანობაზე. მაშინ საჭირო ხდება ანალიზური შესწავლა, რამდენ ხანს შეიძლება გაგრძელდეს ტვირთის მოძიება და რამდენი დღე ან საათია საჭირო ლოდინისათვის, რაც განეკუთვნება ორგანიზაციული ხასიათის მოცდენათა ორგანიზაციულ ჯგუფს, რამდენად მიზანშეწონილი და ტექნიკურ-

ეკონომიკურად გამართლებულია β-ს გაზრდის გამო ერთეული თუ ათეული დღეების მოცდენა, ლოდინის გამო.

### დასკვნა

ავტომობილების გამოყენების კოეფიციენტის ამაღლება იგივე საავტომობილო პარკის სტრუქტურებში შესაძლებელია ნებართვების გადანაწილების ორგანიზაციული წესის ოპტიმიზაციით.

როგორც ანალიზმა გვიჩვენა, ფუნქიონირების ეფექტურობის გაზრდა შესაძლებელია გარბენის გამოყენების კოეფიციენტის დიფერენცირებით საავტომობილო პარკის მარშრუტებად დაყოფის პირობებში.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. ვ. ლეკიაშვილი, ავტომობილის საიმედოობა, დამხმარე სახელმძღვანელო. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 1997, გვ. 62-67;
2. ვ. ლეკიაშვილი, მანქანათა საიმედოობისა და ეფექტიანობის უზრუნველყოფა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 75 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სამეცნიერო ნაშრომების კრებული. თბილისი. 1997;
3. ვ. ლაგვილავა, ვ. ლეკიაშვილი. ავტომობილის ეფექტიანობის პრინციპების ფორმირება. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტიანობის ამაღლების გზები, შრომები, თბილისი 1999 გვ. 103-109;
4. ნ. თოფურია, ვ. ლეკიაშვილი, ხ. მღებრიშვილი. ავტომობილის ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეული მოცდენების შეფასება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი შრომები #3, თბილისი 2005წ.

### **Detection of parameters of vehicles working on international cargo transportation Dimitri Balakhadze**

#### **Abstract**

Motor transport, as the main trend of the scientific-technical development, is aimed at the practical realization of technical and economic indicators of production activity. At this time, the efficiency is evaluated by two criteria of the technological process: the carrying capacity of the transport unit and the cost of operation. Transport productivity is influenced by many factors, which are in functional relationship with each other. In order to identify and investigate these factors, a study was conducted of vehicles registered in Georgia and licensed for international freight transportation. The mentioned process is presented in the article.

### **Определение параметров транспортных средств, работающих на международных грузоперевозках Димитри Балахадзе**

#### **Резюме**

Основные направления научного развития автомобильного транспорта направлены на практическую реализацию технико-экономических показателей производственной деятельности. При этом эффективность оценивается по двум критериям технологического процесса, грузоподъемности и/или единицы вместимости подвижного состава и себестоимость эксплуатации. На производство автомобилей влияет множество факторов, находящихся в сложной функциональной взаимосвязи друг с другом. Для выявления и исследования этих факторов было проведено исследование транспортных средств, зарегистрированных в Грузии и имеющих лицензию на осуществление международных грузовых перевозок. Упомянутый процесс представлен в работе.

უაკ 621.9

# მყარსაწვავიანი რაკეტების კორპუსების უტილიზაციის მეთოდები და ტექნოლოგიები

გიორგი ცაბაძე\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია მყარსაწვავიანი რაკეტების კორპუსების უტილიზაციის მეთოდები და განხორციელების ტექნოლოგიები. ახალი მასალები, რომლებზეც მოთხოვნა, როგორც წესი, განპირობებულია შესაქმნელი კონსტრუქციების ეფექტურობის ამაღლების აუცილებლობით, თავის მხრივ, განსაზღვრავენ პრინციპულად ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტებისა და ტექნოლოგიური პროცესების რეალიზების შესაძლებლობებს. კონსტრუქციებისა და ტექნოლოგიების შემდგომი განვითარება ახალი ამოცანების წინაშე აყენებს მასალათმცოდნეობას. მასალების, კონსტრუქციებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ასეთი ურთიერთდამოკიდებულება ამჟამად ნათლად მჟღავნდება კომპოზიტური მასალების შემუშავებასა და გამოყენებასთან დაკავშირებულ პროცესებში. მექანიკის ინჟინერიის განვითარების მრავალსაუკუნოვანი ისტორიის ყველა ეტაპზე ყოველთვის იდგა საკითხი ნაკეთობის მასისა და სიმტკიცის ოპტიმალური შეთავსების შესახებ. ეს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მოვლენა, ხშირ შემთხვევაში, ახალი კონსტრუქციული მასალების შექმნის სტიმულატორია. ცალკე აღებული მასალისათვის სიმტკიცის ზრდა, როგორც წესი, იწვევს ნაკეთობის მასის ამაღლებას და პირიქით. თანამედროვე პირობებში ეს პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია საავიაციო და რაკეტათმშენებლობაში, ქარის ენერგეტიკაში, გემთმშენებლობაში, სპორტული ინვენტარისა და სხვა მნიშვნელოვანი ნაკეთობების წარმოებებში, სადაც მზა პროდუქტს მოეთხოვება მაღალი სიმტკიცე და მცირე მასა.

**საკვანძო სიტყვები:** მყარსაწვავიანი რაკეტები, რაკეტის კორპუსი, უტილიზაცია, ტექნოლოგია, მასალის ჭრა, დისკური ხერხი, პლანზირი ჭრა.

## შესავალი

მყარსაწვავიანი რაკეტების პოლიმერული კორპუსების უტილიზაციის ეფექტური მეთოდების შემუშავება დღესაც ერთ-ერთი აქტუალური საკითხია. ტექნოლოგიური პროცესი შედგება ორი ძირითადი ნაწილისგან: 1. მყარი საწვავის სარაკეტო ძრავების პოლიმერული კორპუსის ზომურ ფრაგმენტებად დანაწევრების ტექნოლოგია; 2. პოლიმერული ფრაგმენტების ქიმიური დამუშავების ტექნოლოგია.

მასალების ჭრის პროცესების შესწავლის მრავალწლიანი გამოცდილების გათვალისწინებით, შემოთავაზებული იქნა ტექნოლოგიური პროცესის კვლევა მექანიკის ინჟინერიის ტექნოლოგიის დეპარტამენტის ლაბორატორიებში. ლაბორატორიებს გააჩნიათ აღჭურვილობა, რომლებიც საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ პოლიმერული კორპუსების ჭრის პროცესები მასალების დანაწევრების თითქმის ყველა ამჟამად ცნობილი მეთოდით.

ჭრის საშუალებით მასალების მექანიკური დამუშავების მეთოდებით ნაშაადების დაყოფის ტექნოლოგიების შემუშავების პროცესში, მთავარი ამოცანაა მჭრელი იარაღების მედეგობის შესწავლა და კონკრეტული მასალის ჭრის სიმძლავრის პარამეტრების დადგენა. ჩვენს შემთხვევაში კვლევის ძირითადი მეთოდებია დანაწევრების პროცესები დისკური ხერხებით, აბრაზიული დისკებით და პლანზირით. ამასთან დაკავშირებით

აუცილებელია გამოვიკვლიოთ ჭრა დისკური ხერხებით სალი შენადნობის მჭრელი ფირფიტებით, უფრო მეტიც, სხვადასხვა მეტალოკერამიკული მჭრელი მასალებისგან, სწრაფმჭრელი ფოლადისგან, აბრაზიული და ალმასის გადამჭრელი დისკოთი, აგრეთვე პლაზმატრონით.

### ძირითადი ნაწილი

პრაქტიკაში გამოყენებული მასალების დანაწევრების მრავალი გზა არსებობს. ამა თუ იმ მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია კონკრეტულ საწარმოო ამოცანაზე და შემდგომი დამუშავების პირობებზე.

მასალების დანაწევრების მეთოდები ბურბუშელას მოცილებით მოიცავს მასალების მექანიკური დაყოფის ყველა მეთოდს: ჭრას დისკური და ლენტური (ღვედური) ხერხებით, აბრაზიული დისკებით, საჭრისებით და ა.შ.

დისკური ხერხებით განცალკევება ხასიათდება მაღალი პროდუქტიულობით. ამ მეთოდით ჭრის ხარისხი მისაღებია მასალების პირველადი და ნახევრად დამუშავებისთვის. ჭრის დაბალი პროდუქტიულობისა და ხარისხის გამო, მჭრელი და ლენტური (ღვედური) ხერხების გამოყენება არაეფექტურია.

საინტერესოა "დარტყმითი ხერხი", რომლის კონსტრუქცია ეფუძნება წრიული ტრაექტორიის გასწვრივ ხერხის დანის გამოყენების პრინციპს. დარტყმითი ხერხი მუშაობს გაზრდილი მიწოდებით (1,5-3 მ/წმ), რაც უზრუნველყოფს მაღალ პროდუქტიულობას (100000 მმ/წმ-მდე) და სამუშაო დარტყმის დროის მკვეთრი შემცირების გამო, მჭრელი იარაღის მაღალ გამძლეობას. ამ მეთოდის უარყოფითი მხარე არის ჭრის დაბალი ხარისხი, მაღალი ხმაური და დაზიანების რისკი.

შედარებით მაღალი მწარმოებლობით და ჭრის ხარისხით ხასიათდება აბრაზიულ მჭრელ მანქანებზე მასალების ჭრა. ამ მეთოდის უარყოფითი მხარეა აბრაზიული დისკების დაბალი სიმტკიცე და ცვეთამედეგობა და მკაცრი სამუშაო პირობები. აბრაზიული ჭრა მოიცავს არალითონური მასალების, კერძოდ, ბუნებრივი ქვების დანაწევრებას, წრიული ხერხებით და ზოლებით, რომლებიც აღჭურვილია ალმასის მჭრელი პირით. გაჭრილი ზედაპირების ხარისხი საკმაოდ კარგია, ხოლო ხერხების წარმოების პროცესი და მედეგობა დამაკმაყოფილებელია.

ჭრის ზონიდან მდნარი ლითონის მოცილებით მასალების დაყოფის მეთოდებს მიეკუთვნება: ჟანგბადურ-აირული, ჰაერ-რკალური, კონტაქტურ-რკალური, ანოდურ-მექანიკური და პლაზმური ჭრა.

ჟანგბადურ-რკალურმა ჭრამ მიიღო ყველაზე დიდი გამოყენება, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში მისი გამოყენება არაპრაქტიკულია საჭრელი ნამზადის მცირე სისქის და ჭრის ცუდი ხარისხის გამო.

ანოდურ-მექანიკური ჭრა ძირითადად გამოიყენება ნაგლინი ნამზადების მაღალი ლევირების სპეციალური ფოლადებისა და ფერადი ლითონების დანაწევრებისას. ამჟამად, ბევრმა ქარხანამ დანერგა პლაზმური ჭრა. ეს მეთოდი ხასიათდება შედარებით მაღალი მწარმოებლობით (300-750 მმ/წმ), მაგრამ დაბალი ჭრის ხარისხით და თავდაპირველი სტრუქტურის ცვლილებით, რაც მოითხოვს შემდგომ თერმული დამუშავებას.

ბურბუშელის გარეშე მასალის დანაწევრების მეთოდები ხასიათდება მაღალი მწარმოებლობით და ნარჩენების არ არსებობით. ეს მეთოდები მოიცავს: მასალების განმხოლოება დამკრით წნეხ მაკრატლებით, ცივად გადატეხვით, გრეხვით და აფეთქებით. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ამ მეთოდების ეკონომიკური ეფექტურობა მნიშვნელოვნად მცირდება მასალის პროფილის გეომეტრიული ფორმის დამახინჯებისა და ჭრის ცუდი ხარისხის გამო.

მასალების დაყოფის შედარებით ახალი გზაა მოგორების დისკებით ჭრა. მოგორების დისკს აქვს სოლისებური ფორმა პერიფერიული ცილინდრული ზედაპირით. მასალის



დაყოფა შეიძლება განხორციელდეს ერთი ან დისკების ნაკრებით, რომლებიც განლაგებულია მბრუნავ თავზე.

მასალების დაყოფის მეთოდების ტექნიკური და ტექნოლოგიური მაჩვენებლების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დისკური ხერხებით ჭრა ხასიათდება ამაღლებული მწარმოებლობით. დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი ამ შემთხვევაში არ აღემატება პირველადი დამუშავების კლასს. იმ ტექნოლოგიური პროცესისთვის, რომელსაც ჩვენ ვავითარებთ, დამუშავებული ზედაპირის ასეთი სისუფთავე სრულიად მისაღებია. დისკური ხერხები 600 მმ და მეტი დიამეტრით, როგორც წესი, მზადდება ჩასმული მჭრელი ელემენტებით. ისინი ძირითადად გამოიყენება სწრაფმჭრელი ფოლადისგან დამზადებულ ხერხებზე, ზოგიერთ შემთხვევაში კი კარბიდის ფირფიტებისგან დამზადებული კბილებით. სწრაფმჭრელი ფოლადისგან დამზადებულ მჭრელ ელემენტებს (სექტორებს), როგორც წესი, აქვს რამდენიმე კბილი. ელემენტები დამონტაჟებულია კონსტრუქციული ფოლადისგან დამზადებულ საყრდენ დისკზე და დამაგრებულია მოქლონებით. სალი შენადნობის, როგორც საიარალო მასალის გამოყენება შესაძლებელს ხდის ჭრის სიჩქარის ამაღლებას, რაც დისკური ხერხებით ჭრისას ზრდის დამუშავების პროდუქტიულობას 5-ჯერ. ამ შემთხვევაში ლოგიკურია VK6 ტიპის ერთკარბიდიანი სალი შენადნობების გამოყენება: VK8; BK10; VK15, რომლებიც ხასიათდება უფრო მაღალი სიმტკიცით, ვიდრე T15K6 ტიპის ორკარბიდიანი შენადნობები: T14K8 და სხვა. აღსანიშნავია, რომ ორკარბიდიანი შენადნობებს აქვთ ყველაზე მაღალი წითელი მედეგობა, რაც საშუალებას გაძლევთ იმუშაოთ 10-15%-ით უფრო მაღალი ჭრის სიჩქარით, ვიდრე ერთკარბიდიანი შენადნობებით მუშაობისას.

სახერხი დისკების დამზადება ჩასმული კარბიდიანი კბილებით დაკავშირებულია გარკვეულ ტექნიკურ სირთულეებთან. აუცილებელია მჭრელი ელემენტების ცალკე დამზადება განმტკიცებული კარბიდის ჩანართებით. ხერხის პირის კონსტრუქციაში უნდა იყოს გათვალისწინებული სპეციალური ღიობები, რომლებშიც მექანიკური დამაგრების საშუალებით დამონტაჟებულია მჭრელი ელემენტები განმტკიცებული კარბიდის ჩანართებით. სასურველია, კონსტრუქცია ითვალისწინებდეს კბილის ამაღლების რადიალური მიმართულებით მორგების შესაძლებლობას. წინააღმდეგ შემთხვევაში, საჭირო ხდება აილესოს ხერხი ანაწყობში, რაც შრომატევადი და ძვირადღირებული ოპერაციაა.

განვიხილოთ მასალების დანაწევრება პლაზმური რკალით. პლაზმა, როგორც მას ხშირად უწოდებენ, არის მატერიის მეოთხე მდგომარეობა, რომელიც არის იონიზებული აირი. იგი შეიცავს ელექტრონებს, დადებითად დამუხტულ იონებს, ნეიტრალურ და აღგზნებულ ატომებსა და მოლეკულებს. არსებობს პლაზმის ორი ტიპი: 1 - იზოთერმული და 2 - აირგანმუხტავი. პრაქტიკაში, აირგანმუხტავმა პლაზმამ პოვა დიდი გამოყენება, რომელშიც იონიზებული და აღგზნებული ნაწილაკები არიან აჩქარებულ ელექტრულ ველში და თერმული წონასწორობა შენარჩუნებულია რკალზე ელექტრული დენის გამოყენებით. დაბალტემპერატურული აირგანმუხტავი პლაზმის მიღება ეფუძნება ელექტრული განმუხტვის გაძლიერებას. თანამედროვე პლაზმურ ტექნოლოგიაში გამოყენებულია რკალის აგზნებისა და სტაბილიზაციის ორი სქემა სხვადასხვა ტექნოლოგიური ოპერაციების შესასრულებლად. პირველი სქემა არის პირდაპირი მოქმედება, როდესაც ელექტრული რკალი აღგზნებულია უშუალოდ დამუშავებულ მასალაზე, ხოლო მეორე სქემა არის არაპირდაპირი (დამოუკიდებელი) რკალი. ამ შემთხვევაში, რკალი აღგზნებულია ელექტროდებს შორის დამუშავებული მასალის მიუხედავად. პირველი სქემა გამოიყენება ლითონის ფურცლის ჭრისთვის, ცილინდრული ბლანკების ზედაპირული ჭრისთვის და სხვა ტექნოლოგიური ოპერაციებისთვის. პლაზმური წარმოქმნის მეორე სქემა გამოიყენება არალითონური მასალების დასამუშავებლად, ზედაპირულად, შესხურებისა და თერმული დამუშავებისთვის. არალითონური მასალების პლაზმური ჭრა უნდა განხორციელდეს არაპირდაპირი

პლაზმით (დამოუკიდებელი რკალი), როდესაც ელექტრული რკალი აღზნებულია კათოდსა და ფორმირების წვერს შორის და გამოთავისუფლებული პლაზმა მიმართულია დამუშავებულ სამუშაო ნაწილზე.

### **დასკვნა**

მონაცემების შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა მყარსაწვავიანი რაკეტების დანაწევრების პროცესის სრულმასშტაბიანი შესწავლის სიცოცხლისუნარიანობა. ჩატარდა სამუშაოები მჭრელი საშუალებების შექმნაზე რაკეტების ძრავების პოლიმერული კორპუსების დანაწევრებისათვის.

### **გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა**

1. რ. თურმანიძე, დ. ბუცხრიკიძე, მ. შვანგირაძე - მექანიკის ინჟინერიის ტექნოლოგია. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2015 წ, 367 გვ. ISBN 978-9941-20-516-3;
2. დ. ბუცხრიკიძე, რ. თურმანიძე, მ. შვანგირაძე - მექანიკის ინჟინერიის ტექნოლოგიის საფუძვლები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016, 497 გვ. ISBN 978-9941-20-650-4;
3. დ. ბუცხრიკიძე, მ. შვანგირაძე, დ. კასრაძე - მანქანების რემონტის ტექნოლოგია. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013, 208 გვ.;
4. გ. ბოკუჩავა, რ. თურმანიძე, ვ. შილაკაძე - ლითონსაჭრელი იარაღების დაგეგმარება. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2012წ, 188 გვ.;
5. რ. თურმანიძე, ვ. შილაკაძე - საჭრისის გაანგარიშება და კონსტრუირება, მეთოდური მითითება, 33გვ, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2012წ, 33 გვ.;
6. რ. თურმანიძე, ვ. შილაკაძე - ღერძული იარაღის გაანგარიშება და კონსტრუირება, მეთოდური მითითება, 23გვ, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2012წ, 23გვ.;
7. რ. თურმანიძე, ვ. შილაკაძე - საწელავის გაანგარიშება და კონსტრუირება, მეთოდური მითითება, 37გვ, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2012 წ, 36გვ. 621.96(077)/9 2;
8. რ. თურმანიძე, ვ. შილაკაძე - კბილდამამუშავებელი იარაღის გაანგარიშება და კონსტრუირება, მეთოდური მითითება. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2014წ, 41გვ, 621.96(02)/2;
9. М. Швангирадзе, Г. Цабадзе, Р. Зукакишвили, Г. Санадзе - Утилизация полимерных корпусов твердотопливных ракет с использованием экологически чистой технологии. ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1 (53) 2022წ. 37-43 გვ.;
10. მერაბ შვანგირაძე, რამინ ზუკაკიშვილი, გივი სანაძე, გიორგი ცაბაძე - მყარსათბობიანი რაკეტების პოლიმერული კორპუსების ჭრის ოპტიმალური რეჟიმების და მჭრელი იარაღის მუშაობის ხანგამძლეობის ექსპერიმენტული კვლევა. ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №1 (53) 2022წ. 44-54 გვ.

## **Methods and technologies of utilization of solid-fuel rocket hulls**

**Giorgi Tsabadze**

### **Abstract**

The paper discusses the utilization methods and implementation technologies of solid-fuel rocket hulls. New materials, the demand for which, as a rule, is determined by the need to increase the efficiency of the constructions used, in turn, determine the possibilities of realizing fundamentally new construction solutions and technological processes. The further development of constructions and technologies presents materials science with new tasks. Such interdependence of the development of materials, constructions and technologies is currently clearly manifested in the processes related to the development and use of composite materials. At all stages of the centuries-old history of the development of mechanical engineering, there has always been a question about the optimal combination of product mass and strength. These two conflicting events are, in many cases, a stimulus for the creation of new construction materials. For a single material, an increase in strength usually leads to an increase in the mass of the product and vice versa. In modern conditions, this problem is especially relevant in the aviation and rocket industry, wind energy, shipbuilding, sports equipment and other important goods production, where high strength and low mass are required for the finished product.

## **Способы и технологии утилизации твердотопливных корпусов ракет**

**გიორგი ცაბაძე**

### **Резюме**

В статье рассматриваются способы использования и технологии реализации твердотопливных корпусов ракет. Новые материалы, востребованность которых, как правило, определяется необходимостью повышения эффективности используемых конструкций, в свою очередь определяют возможности реализации принципиально новых конструктивных решений и технологических процессов. Дальнейшее развитие конструкций и технологий ставит перед материаловедением новые задачи. Такая взаимообусловленность развития материалов, конструкций и технологий в настоящее время ярко проявляется в процессах, связанных с разработкой и применением композиционных материалов. На всех этапах многовековой истории развития машиностроения всегда стоял вопрос об оптимальном сочетании массы и прочности изделий. Эти два противоречивых события во многих случаях являются стимулом для создания новых строительных материалов. Для одного материала увеличение прочности обычно приводит к увеличению массы изделия и наоборот. В современных условиях эта проблема особенно актуальна в авиационной и ракетной промышленности, ветроэнергетике, судостроении, производстве спортивного инвентаря и других важных товаров, где от готового изделия требуется высокая прочность и малая масса.

## შვეულმფრენის საჭის ამძრავის კვლევა

### სერგო ნინუა\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში წარმოდგენილია შვეულმფრენზე საჭის ამძრავის (საჭის აგრეგატის) პრინციპული მოქმედება და ფუნქციონირების თავისებურება. განხილულია მისი გამოყენების შესაძლებლობები შვეულმფრენის მართვადობის გაუმჯობესებისათვის. ასეთი სისტემის გამომავალ სიგნალებზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ფრენის უსაფრთხოების რიგი საკითხები. შვეულმფრენის მართვის პრაქტიკიდან გამომდინარე იკვეთება მართვის ბერკეტიდან მართვის ორგანოებზე რეაგირების - გადაცემის სიგნალების (ჭოკის ხაზოვანი გადაადგილების) დაგვიანების პრობლემა, რომლის გადაჭრისათვის საჭიროა საჭის აგრეგატის პრინციპის მოდელირების საფუძველზე შესაბამისი კონსტრუქციული გაუმჯობესება. შესაძლო გადაწყვეტილებებს შორის განიხილება საჭის აგრეგატის გაბარიტების შემცირება, პრინციპული სქემის დახვეწა, ავტომატური მართვის უფრო თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება.

**საკვანძო სიტყვები:** შვეულმფრენი, საფრენი აპარატი, საჭის ამძრავი, საჭის აგრეგატი, ჰიდროელექტრომექანიკური ამძრავი, მართვის ორგანო, მართვადობა, ხელით მართვა, კომბინირებული მართვა.

### შესავალი

საფრენი აპარატის მართვის დროს მნიშვნელოვანია ისეთი მოწყობილობების გამოყენება, რომლებიც ეხმარებიან მფრინავს მართვის ორგანოებზე წარმოქმნილი ძალების დაძლევაში. შვეულმფრენზე ამ მხრივ წარმატებით გამოიყენება ისეთი საჭის ამძრავი-საჭის აგრეგატი, რომლის ფუნქციონირება შესაძლებელია, როგორც ხელის, ისე ავტოპილოტთან კომბინირებულ რეჟიმში. ასეთი სისტემის გამომავალ სიგნალებზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ფრენის უსაფრთხოების რიგი საკითხები.

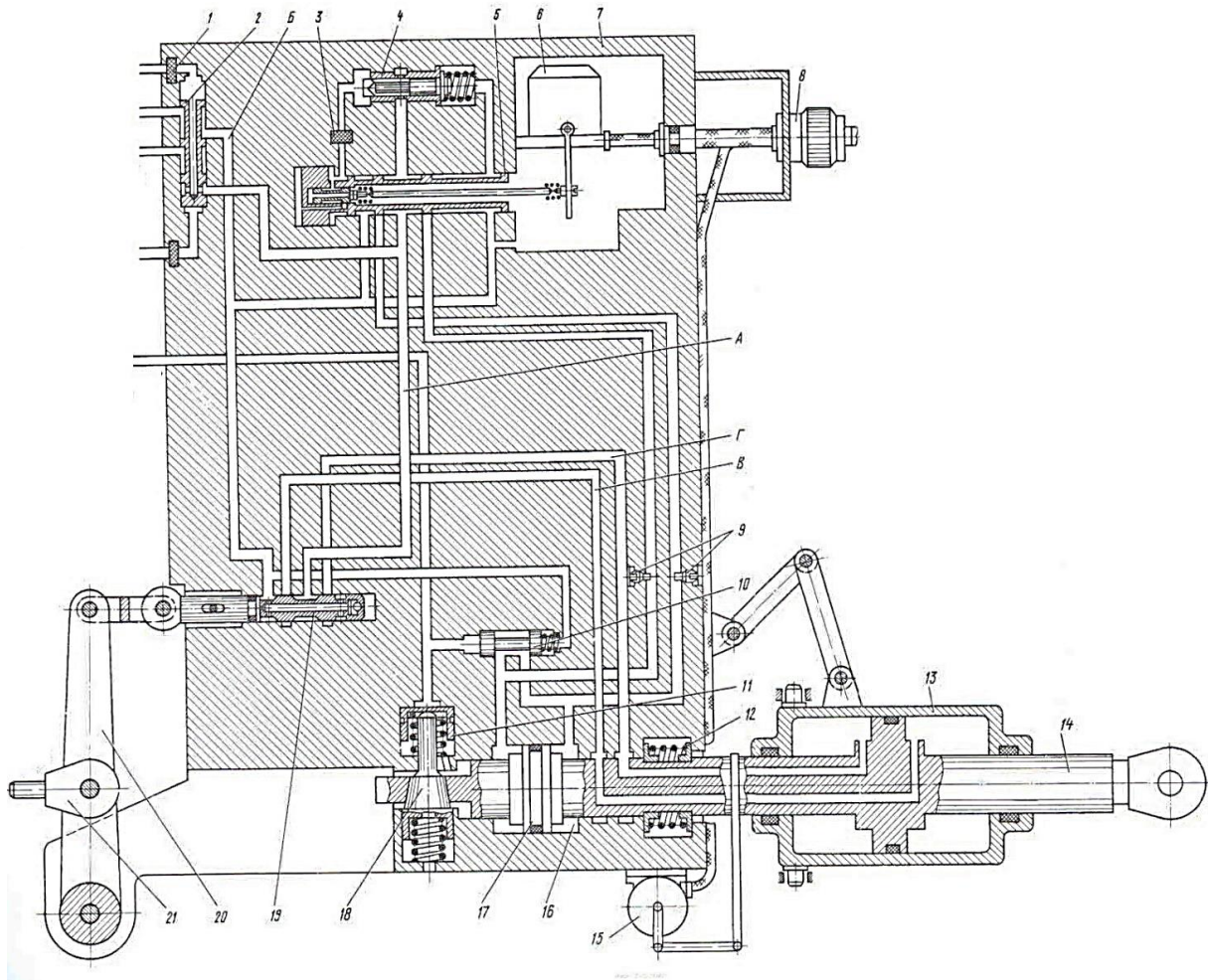
### ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ საჭის აგრეგატი KAY-30B, რომელიც გამოიყენება შვეულმფრენის მართვისათვის (ნახ. 1). იგი წარმოადგენს ჰიდროელექტრომექანიკურ ძალურ შემსრულებელ მექანიზმს მი-8 ტიპის შვეულმფრენის მართვის სისტემაში და გამიზნულია მართვის ორგანოებზე მოქმედი ძალების შესამცირებლად.

აგრეგატი ორმხრივი მოქმედების და მოთვალთვალე სისტემისაა. იგი მუდმივადაა მიერთებული შვეულმფრენის ძირითადი და მადუბლირებელი ჰიდროსისტემის მაგისტრალთან. ჩამრთველი სარქველს (2) ჰიდრაულიკური მართვით ავტომატურად გადაჰყავს აგრეგატი იმ ჰიდროსისტემაში, რომელიც ამ მომენტში არის ჩართული. მუშა სითხე წნევის ზემოქმედებით ფილტრის (1) გავლით მიეწოდება ხელით მართვის მკვეთარას (19), გამანაწილებელ სარქველს (5) და მარედუცირებელ სარქველს (4).

აგრეგატის მართვა ხორციელდება ხელით და კომბინირებული სქემებით. კომბინირებულ მართვაზე გადართვის წნევის სიგნალის არარსებობის დროს აგრეგატი მუშაობს ხელის რეჟიმში. სარქველი (10) უშვებს მუშა სითხეს კომბინირებული მართვის ცილინდრის (16) შიგნით. თავაკის დაბრუნების მექანიზმი (12) განთავსდება შუა

მდგომარეობაში კომბინირებული მართვის ცილინდრის ჭოკის (16) მიმართ. ამ მდგომარეობაში თავაკი ფიქსირდება ჩამკეტი (18).



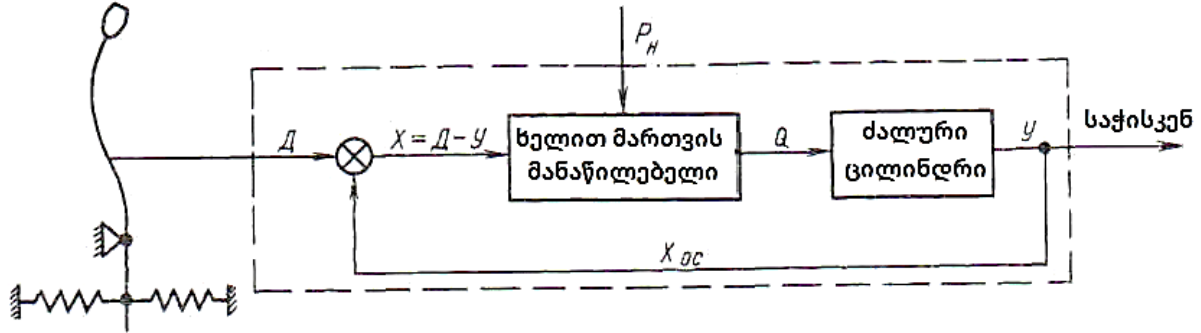
ნახ. 1. საჭის აგრეგატის KAY-30B პრინციპული სქემა:

1-ფილტრი, 2-ჩამრთველი სარქველი, 3-ფილტრი, 4-მარედუცირებელი სარქველი, 5-მანაწილებელი სარქველი, 6-რელე, 7-თავაკის კორპუსი, 8-შტეფსელური გასართი, 9-მარეგულირებელი დროსელი, 10-სარქველი, 11-კომბინირებული მართვის ჩამრთველი სარქველი, 12-თავაკის დაბრუნების მექანიზმი, 13-ძალური ჰიდროცილინდრი, 14-შემსრულებელი ჭოკი, 15-ინდუქციური უკონტაქტო პოტენციომეტრი, 16-კომბინირებული მართვის ცილინდრი, 17-ჭოკი, 18-ჩამკეტი, 19-ხელით მართვის მკვეთარა, 20-შემავალი სარწველა, 21-ყური.

ხელით მართვის დროს საჭის აგრეგატი მუშაობს როგორც ჩვეულებრივი ჰიდროგამაძლიერებელი. მართვის ელემენტს წარმოადგენს ხელით მართვის ოთხხაზოვანი მკვეთარა (19), შემსრულებელი ელემენტს - ძალური ჰიდროცილინდრი (13), ხოლო უკუკავშირის ელემენტს - შემავალი სარწველა (20). სარწველას მეშვეობით მიცემული  $\Delta$  გადაადგილება შედარდება შემსრულებელი ჭოკის  $Y$  გადაადგილებას (ნახ. 2). სარწველას სამართავი წერტილის თითოეულ მდგომარეობას შესასვლელში შეესაბამება გამოსასვლელის გარკვეული მდგომარეობა, და ამ მდგომარეობებს შორის თითოეული აცდენით იქმნება სიგნალთა  $X$  შეუთანხმებლობა, რაც თავის მხრივ იწვევს გამანაწილებლის მკვეთარას ნეიტრალური მდგომარეობიდან გადაადგილებას. იღება გამანაწილებლის მუშა ფანჯრები და შემსრულებელი ჭოკი მუშა სითხის წნევის ზემოქმედებით გადაადგილდება პოზიციაში, რომელიც შეესაბამება მკვეთარას დაბრუნებას შუა მდგომარეობაში. შემავალი არხის მართვის წერტილი გადაადგილდება მუდმივი სიჩქარით, შემსრულებელი ჭოკი

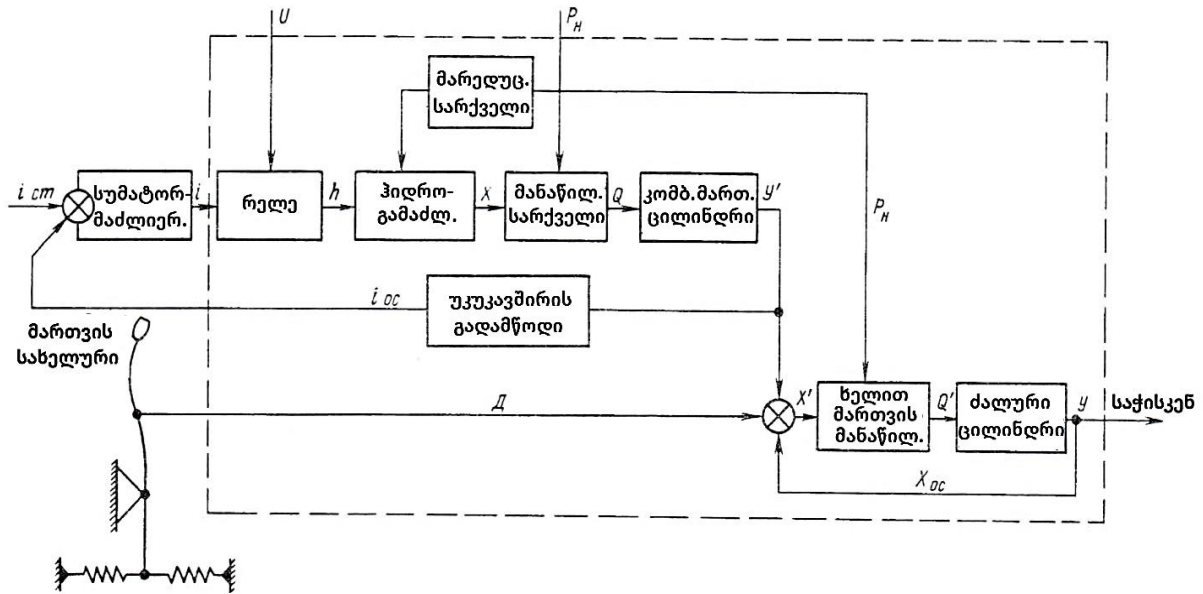
ცოტათი ჩამორჩება მაგრამ მოძრაობს იგივე სიჩქარით, რაც იწვევს შეუთანხმებლობის სიგნალის წარმოქმნას შემსრულებელი ჭოკისათვის ამ სიჩქარის მიწოდებისათვის. მართვის წერტილის გაჩერების შემთხვევაში ჭოკი გადაადგილებისას მოაბრუნებს სარქველას და გამანაწილებელის მკვეთარას აბრუნებს ნეიტრალურ მდგომარეობაში.

მართვის სახელური



სურ. 2. საჭის აგრეგატის ფუნქციური სქემა ხელით მართვისას

კომბინირებული მართვის რეჟიმზე საჭის აგრეგატი გადაირთვება წნევის სიგნალით შვეულმფრენის სისტემის ელექტროჰიდრავლიკური ვენტის მეშვეობით. წნევის ზემოქმედებით კომბინირებული მართვის ჩამრთველი სარქველის დგუში (11) გადაადგილებს ჩამკეტს (18) და ათავისუფლებს შემსრულებელ ჭოკს (14). აგრეგატის თავაკი ღებულობს შესაძლებლობას გადაადგილდეს ჭოკის მიმართ ცილინდრის დგუშის (16) სვლის ფარგლებში, რომლის ღრუ განაცალკევებს სარქველს (10). იმავედროულად ჩაირთვება რელე (6). კომბინირებული მართვის რეჟიმში აგრეგატი ასრულებს ხელით მართვის და ავტოპილოტის საჭის მანქანის ჰიდროგამაძლიერებლის ფუნქციას ერთდროულად. ავტოპილოტის საჭის მანქანის შემსრულებელ ჰიდროძრავას სახით გამოიყენება გამბინირებული მართვის ცილინდრი (16), რომლებიც გამანაწილებელ სარქველთან (5) არიან მიერთებული  $D$  და  $E$  არხები. ავტოპილოტის ამძრავის ჩაკეტილ კონტურში უკუკავშირის გადამწოდის მოვალეობას ასრულებს ინდუქციური უკანტაქტო პოტენციომეტრი (15), რომელიც დაყენებულია აგრეგატის თავაკზე. ელექტრომექანიკური გარდამქმნელი შემავალ ელექტრულ სიგნალებს გარდაქმნის ამ სიგნალების პროპორციულ წინსვლით-უკუსვლით გამანაწილებელი სარქველის მართვად მკვეთარას გადაადგილებად. გამანაწილებელი სარქველი შუა მდგომარეობიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ გადაადგილებისას აღებს გამანაწილებელი სარქველის მუშა ფანჯრებს, რომლის მეშვეობითაც, მასთან მიყვანილი მუშა სითხე წნევით მიეწოდება ცილინდრის (16) ერთ-ერთ ღრუს და იმავედროულად გამოიდევენება დგუშის მეშვეობით მეორე ღრუდან. ამ რეჟიმში მუშაობისას აგრეგატი წარმოადგენს ორკასკადიან ჰიდროგამაძლიერებელს ელექტრომექანიკური გარდამქმნელით შესასვლელში. შემავალი ელექტრული სიგნალი თანმიმდევრულად გარდაიქმნება მართვადი მკვეთარას  $h$  გადაადგილებად, გამანაწილებელი მკვეთარას  $X$  გადაადგილებად, მუშა სითხის  $Q$  ხარჯად გამანაწილებლის მეშვეობით და აგრეგატის ცილინდრის შემსრულებელი ჭოკის მოძრაობის სიჩქარედ მოცემული დატვირთვის პირობებში (ნახ. 3). ამძრავის ჩაკეტილ კონტურში შემსრულებელი ჭოკის გადაადგილება მართვის შემავალი სიგნალის სიდიდის პროპორციულია. ჭოკის გადაადგილების მიმართულება განისაზღვრება ამ სიგნალის პოლარულობით. პირველი კასკადის ჰიდრავლიკური გამაძლიერებლის მუშა სითხის კვება შემცირებული და მუდმივი წნევით ამცირებს მართვადი მკვეთარას ხახუნის ძალას და შესაბამისად რელეს მოხმარების სიმძლავრეს.



სურ. 3. საჭის აგრეგატის ფუნქციური სქემა კომბინირებული მარტვისას

ამ რეჟიმში კომბინირებული მარტვის ცილინდრის გამომავალ რგოლს შეუძლია გადაადგილდეს ძალური ცილინდრის (13) შემსრულებელი ჭოკის (14) მიმართ (სურ.1). ასეთ შემთხვევაში შემავალი სარწევლა (20) ხდება ელემენტი, რომელიც აჯამებს მარტვის სახელურის  $D$  გადადილებას და ავტოპილოტის ამძრავის გამოსასვლელზე თავაკის  $Y'$  გადადილებას. ჯამური გამოსასვლელი გადაადგილება იმავე სარწევლას მეშვეობით დარდება შემსრულებელი ჭოკის  $Q$  გადაადგილებასთან. უთანხმოების სიგნალი  $X'$  იწვევს მკვეთარას გადაადგილებას შუა მდებარეობიდან, რა დროსაც განისაზღვრება მუშა სითხის ხარჯი გამანაწილებლის მეშვეობით და ძალური ცილინდრის ჭოკის მოძრაობის სიჩქარე მოცემული დატვირთვისას. ჭოკის მოძრაობა მთავრდება, როდესაც შეუთანხმებლობის სიგნალი გაუტოლდება ნულს.

შვეულმფრენის ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე შეიმჩნევა მარტვის ბერკეტიდან მარტვის ორგანოებზე რეაგირების - გადაცემის სიგნალების (ჭოკის ხაზოვანი გადაადგილების) დაგვიანება. აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვანია ამ მახასიათებლის გაუმჯობესების შესწავლა. შესაძლო გადაწყვეტილებებს შორის განიხილება: გაბარიტების შემცირება, პრინციპული სქემის დახვეწა, ავტომატური მარტვის უფრო თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება.

### დასკვნა

შვეულმფრენის მარტვის პრაქტიკული გამოცდილებიდან გამომდინარე იკვეთება მარტვის ბერკეტიდან მარტვის ორგანოებზე რეაგირების - გადაცემის სიგნალების (ჭოკის ხაზოვანი გადაადგილების) დაგვიანების პრობლემა. აღნიშნული პრობლემის გადაჭრისათვის საჭიროა საჭის აგრეგატის პრინციპის მოდელირების საფუძველზე შესაბამისი კონსტრუქციული გაუმჯობესება.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. შვეულმფენების Ми-8 და Ми-8 МТВ კონსტრუქცია და სისტემები. შეიარაღებული ძალების გაერთიანებული შტაბი, დავით აღმაშენებლის სახელობის საქართველოს ეროვნული თავდაცვის აკადემია, თბილისი 2008 წ., 236 გვ.;
2. Рулевые агрегаты КАУ-30Б и РА-60, Руководство по технической эксплуатации КАУ-30Б-000 РЭ, 1988 г., 71 ст.;
3. Д. Ю. Киселев, Ю. В. Киселев - Общие сведения и конструкция гидравлической системы вертолета Ми-8, Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), Самара, 2012, 54 ст.;
4. Гареев А.М. - Исследование работоспособности рулевого привода по динамическим характеристикам, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва (Самарский университет), Динамика и виброакустика, Т.8, №3, 2022, 6 ст.

### Helicopter steering drive research

Sergo Ninua

#### Abstract

The paper presents the principle operation of the steering drive (steering unit) on the helicopter and the peculiarities of its functioning. Possibilities of its use for improving the controllability of the helicopter are discussed. A number of flight safety issues significantly depend on the output signals of such a system. Based on the practice of helicopter management, the problem of the delay of response - transmission signals (linear movement of the stick) from the control lever to the control bodies is identified, the solution of which requires appropriate constructive improvement based on the modeling of the principle of the steering unit. Possible solutions include reducing the dimensions of the steering unit, refining the principle scheme, and using more modern automatic control technologies.

### Исследование рулевого привода вертолета

Серго Ниуа

#### Резюме

В статье представлен принцип работы рулевого привода (рулевого агрегата) вертолета и особенности его функционирования. Обсуждаются возможности его использования для улучшения управляемости вертолета. Ряд вопросов безопасности полетов существенно зависит от выходных сигналов такой системы. На основе практики управления вертолетом выявлена проблема задержки реакции - передачи сигналов (линейного перемещения ручки управления) от рычага управления к органам управления, решение которой требует соответствующей конструктивной доработки на основе моделирования принципа рулевого привода. Возможные решения включают уменьшение габаритов рулевого привода, уточнение принципиальной схемы, использование более современных технологий автоматического управления.



უაკ 621.9

# ელექტრომექანიკური ამძრავების გამოყენება საფრენი აპარატის აეროდინამიკური ზედაპირების მართვისათვის

ერეკლე სამანიშვილი\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია ელექტრომექანიკური ამძრავების გამოყენების პერსპექტივები საფრენი აპარატის აეროდინამიკური ზედაპირების მართვისათვის. წარმოდგენილია ელექტრომექანიკური ამძრავების უპირატესობები და ნაკლოვანებები. გაანალიზებულია ელექტრომექანიკური ამძრავების კონსტრუქციული ტიპები. განხილულია ელექტრომექანიკური ამძრავის სისტემის მუშაობის სქემა საფრენი აპარატის აეროდინამიკური ზედაპირის მოძრაობაში მოყვანისათვის. ჩატარებული ანალიზის შედეგად შესაძლებელია ითქვას, რომ თანამედროვე საფრენი აპარატების აეროდინამიკური ზედაპირების მართვისათვის ელექტრომექანიკური ამძრავებს გააჩნიათ რიგი უპირატესობები და არსებობს ძლიერი ტენდენცია მათი გამოყენებისა ნებისმიერ საფრენ აპარატებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ელექტრომექანიკური ამძრავი, საფრენი აპარატი, აეროდინამიკური ზედაპირი, ხრახნული გადაცემა, ბურთულოვან-ხრახნული გადაცემა, გორგოლაჭიან-ხრახნული გადაცემა.

## შესავალი

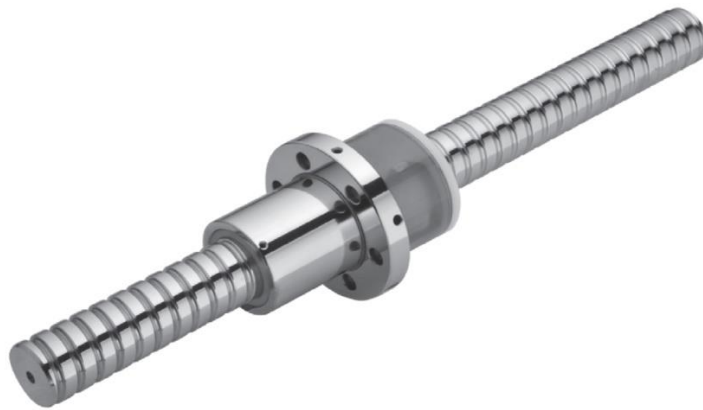
ელექტრომექანიკური ამძრავები სულ უფრო მიმზიდველი ხდება ე.წ. „უფრო ელექტრული თვითმფრინავების“ სფეროში, მათი ისეთი უპირატესობების გამო როგორცაა: წონის, საწვავის ხარჯის და ტექნიკური მომსახურების ხარჯების შემცირება, თვითმფრინავის მართვის სისწრაფის და უსაფრთხოების გაუმჯობესება. მაგრამ ელექტრომექანიკურ სისტემებს გააჩნია ისეთი ნაკლოვანებები, როგორცაა: ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებები, მეხის დარტყმა, დუბლირების სისტემის საჭიროება. ელექტრომექანიკური ამძრავი ქმნის გარკვეულ პრობლემებს ფრენისას, როგორცაა: ექსპლუატაციისას ხახუნით და სითბოს გაფანტვით გამოწვეული ლუფტის გაზრდა, გაჭედვა. აღნიშნულიდან გამომდინარე პრობლემა აქტუალურია და არსებობს მზარდი ტენდენცია ელექტრომექანიკური ამძრავების გამოყენებისა როგორც სამოქალაქო ისე სამხედრო თანამედროვე საფრენ აპარატებზე.

## ძირითადი ნაწილი

თვითმფრინავის მართვის სისტემების ეფექტურობის გაუმჯობესების ერთ-ერთი საშუალებაა საწვავის ხარჯის შემცირება. ამაჟამად ძირითადად გამოიყენება ჰიდრავლიკური სისტემები, რომლებიც მუდმივად საჭიროებენ სიმძლავრის უზრუნველყოფას და გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული დანაკარგები.

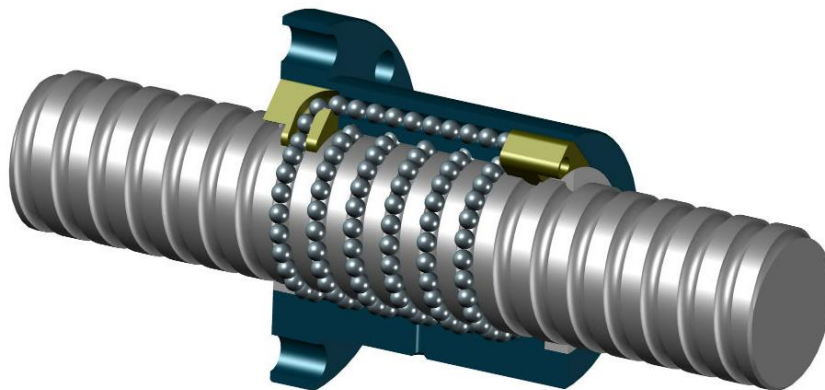
ჰიდრავლიკური ამძრავების ელექტრომექანიკურით ჩანაცვლება მნიშვნელოვნად ზრდის თვითმფრინავის სისტემების ეფექტურობას და შეამცირებს საწვავის ხარჯს.

ელექტრომექანიკური ამძრავი როგორც წესი წარმოადგენს როტორულ სერვომრავას და როტორულ-წრფივი მექანიკური გადაცემის კომბინაციას. ამ გადაცემის რეალიზება შესაძლებელია სხვადასხვა სქემით. ყველაზე მარტივია სრიალის ხრახნი-ქანჩის გადაცემა (სურ 1.). მისი მუშაობა რეალიზდება ორი დეტალის: ხრახნისა და ქანჩის სრიალის ხახუნით. ამ მექანიზმის გამოყენება განპირობებულია შემდეგი უპირატესობებით: კონსტრუქციის სიმარტივე, დიდი ტვირთამწეობა, შემსრულებელი დეტალების მდორე გადაადგილება, მცირე გაბარიტები, დამზადების ტექნოლოგიის სიმარტივე. თუმცა ხრახნი-ქანჩის მექანიზმს სრიალის ხახუნის გამო გააჩნია სერიოზული ნაკლოვანებებიც: დაბალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი, გამომავალი რგოლის დაბალი სიჩქარე, სწრაფი ცვეთა, ხახუნით გამოწვეული ტემპერატურის ზრდა, კონტაქტის ადგილას საპოხი მასალის მუდმივი მიწოდება, საკონტაქტო ზედაპირებს შორის ღრეჩოს არსებობით გამოწვეული სიზუსტის შემცირება.



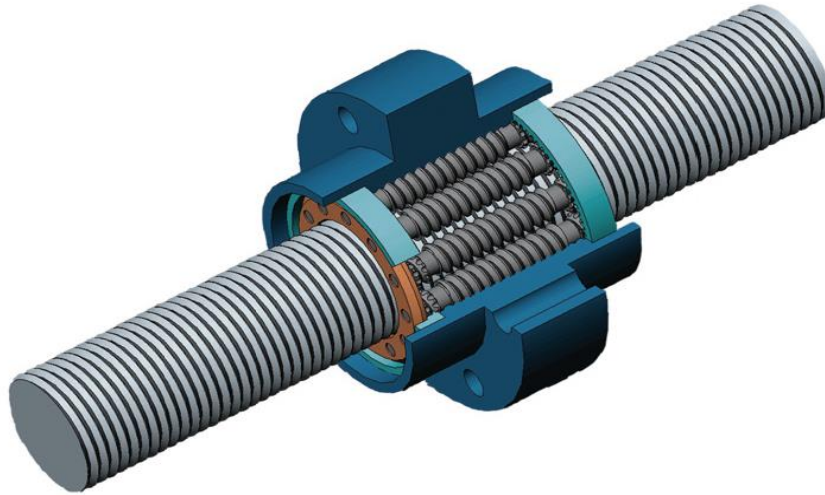
სურ. 1. სრიალის ხრახნი-ქანჩი

ხრახნი-ქანჩის კონსტრუქციის ნაკლოვანების გამოსწორება შესაძლებელია ბურთულოვან-ხრახნიანი მექანიზმის საშუალებით (სურ. 2). ასეთ კონსტრუქციაში ხრახნსა და ქანჩს შორის ამატებენ ბურთულებს და შესაბამისად სრიალის ხახუნი ჩანაცვლდება გორვის ხახუნით. ამ მექანიზმში კონტაქტის წერტილები შეზღუდულია ბურთულების ზომის გამო. ბურთულები მოძრაობენ ხრახნის და ქანჩის ხრახნულ ღარებში და ცირკულირებენ ჩაკეტილ ტრაექტორიაში. იყენებენ ბურთულების ერთ, ორ ან ხშირ შემთხვევაში სამ ჯგუფებს. თითოეული ჯგუფში ბურთულებები ცირკულირებენ თავიანთ ჩაკეტილ ტრაექტორიაში. ბურთულებიან-ხრახნული გადაცემის ძირითადი უპირატესობაა: დიდი სიზუსტე, მაღალი რესურსი, მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი. ხოლო ძირითადი ნაკლოვანებაა - კონსტრუქციის სირთულე.



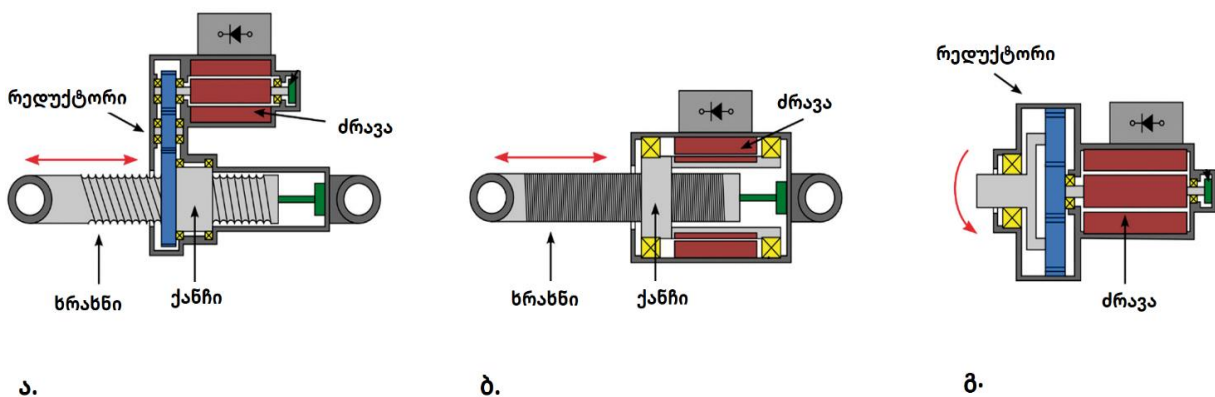
სურ. 2. ბურთულოვან-ხრახნიანი გადაცემა

ხრახნსა და ქანჩს შორის კონტაქტის წერტილების გაზრდა შესაძლებელია გორგოლაჭიან-ხარხნული გადაცემის საშუალებით. გორგოლაჭიან-ხარხნულ გადაცემაში ბრუნვით მოძრაობას ასრულებს ქანჩი, ხოლო წრფივ მოძრაობას - ხრახნი და გორგოლაჭები. გორგოლაჭიან ხრახნს გააჩნია უფრო მაღალი ტვირთამწეობა და გაუმჯობესებული სიხისტე. შესაბამისად გორგოლაჭიან-ხარხნული გადაცემის მექანიზმი იკავებს ნაკლებ ადგილს. ბურთულეებიანი ხრახნის ბრუნთა რიცხვი იზღუდება 2000 ბრ/წთ-ით, ბურთულეების ერთმანეთთან ხახუნის გამო. გორგოლაჭებს კი პლანეტარულ მექანიზმში ეს შეზღუდვა არ აქვთ და შეუძლიათ მუშაობა 5000 ბრ/წთ და მეტ ბრუნთა რიცხვებზე. შესაბამისად უზრუნველყოფილია ამძრავის ჭოკის მეტი ხაზოვანი სიჩქარე.



სურ. 3. გორგოლაჭიან-ხარხნული გადაცემა

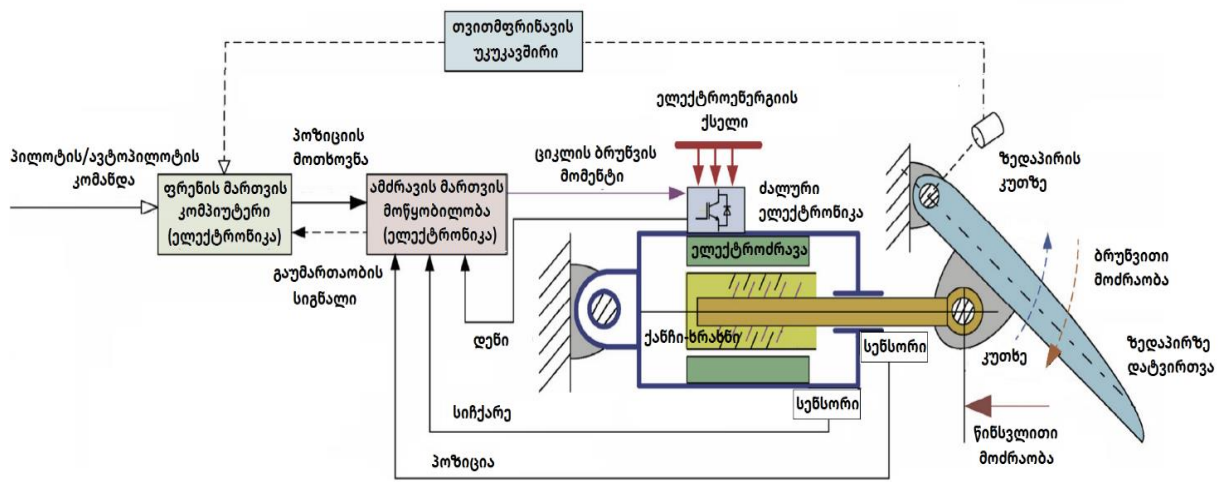
ელექტრომექანიკური ამძრავი შეიძლება იყოს ხაზოვანი ან მბრუნავი ტიპის. ხაზოვანი ელექტრომექანიკურ ამძრავში ძრავას ბრუნვის მოძრაობა გარდაიქმნება ხაზოვან მოძრაობად. ელექტრული ძრავა შეიძლება უკავშირდებოდეს მექანიკურ გადაცემას გადაცემათა კოლოფის მეშვეობით ან პირდაპირ იყოს მიერთებული. მბრუნავი ელექტრომექანიკური ამძრავებისათვის ძრავის სიჩქარე მცირდება გადაცემათა კოლოფით.



სურ. 4. ელექტრომექანიკური ამძრავის ტიპები: ხაზოვანი რედუქტორით (ა), ხაზოვანი პირდაპირი მიერთებით (ბ), მბრუნავი

წარმოგიდგენთ ხაზოვან ელექტროძრავას პირდაპირი ამძრავით, რომელშიც მექანიკური გარდამქმნელის მბრუნავი ქანჩი უშუალოდ ინტეგრირებულია როგორც ელექტროძრავას ნაწილი (სურ. 4). შუალედური რედუქტორის არ არსებობით მიიღწევა

ელექტრომექანიკური ამძრავის კომპაქტურობა. ასეთი ხაზოვანი ელექტრომექანიკური ამძრავი გაცილებით მისაღებია საფრენ აპარატებში, მისი წონის შემცირების და პლანერის კონტურში ადვილი განთავსების გამო. იგი პირველ რიგში გამოსაყენებელია მართვის ორგანოების და შასის მართვისათვის. ფრენის მართვასთან მიმართებაში დატვირთვა განიხილება, როგორც ზედაპირი, რომელიც გადაადგილდება პილოტის/ავტოპილოტის კომანდების მეშვეობით და განიცდის აეროდინამიკურ ზემოქმედებას. ელექტროენერგია გადაეცემა თვითმფრინავის ელექტრული ქსელიდან. სიმძლავრე, რომელიც მიეწიდება დატვირთვას საკომანდო ამძრავის კონტროლერის სიგნალით გაიზომება ძალური ამძრავის ელექტრონიკით. ელექტრული ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურში საბრუნე ელექტროძრავას მეშვეობით, ხოლო შემდეგ მექანიკური სიმძლავრე გადაეცემა მარვის ზედაპირს მექანიკური ენერგიის გარდამქმნელის ქანჩი-ხრახნის მეშვეობით.



სურ. 4. ელექტრომექანიკური ამძრავის სისტემის სქემა

ასეთი ელექტრომექანიკური ამძრავის მუშაობა ჩვეულებისამებრ დაფუძნებულია შემდეგ სამ ძირითად ელექტრონულ მოწყობილობაზე: ფრენის მართვის კომპიუტერი, ამძრავის მართვის ელექტრონიკა და ძალური ამძრავის ელექტრონიკა. ფრენის მართვის კომპიუტერი იძლევა გარანტიას, რომ მდგომარეობა ზედაპირზე შეესაბამება ფრენის კანონების სიგნალებს. მონიტორინგის მიზნებისთვის, გამაძლიერებლისგან ხარვეზის მონიტორინგის მართვა სრულდება ფრენის მართვის კომპიუტერის მიერ. ამძრავის მართვის ელექტრონიკა ახდენს განივი იმპულსური მოდულაციის სიგნალის გენერირებას ძალური ამძრავის ელექტრონიკისათვის ეტალონური მბრუნავი მომენტის გამოსახულების სახით. ძალური ამძრავის ელექტრონიკა ინტეგრირებულია ელექტრო ძრავასთან ელექტრომექანიკურ ამძრავში. ელექტრული ენერგიის მოდულირება ახდენს კომპიუტერში საბორტო ქსელის ფორმირებას. ამძრავის გაუმართაობის კონტროლი ხდება ფრენის კონტროლის კომპიუტერში. ელექტრომექანიკური ამძრავის კონტროლერი ღებულობს კომანდას ელექტრომექანიკური ამძრავის მდგომარეობით ფრენის კონტროლის კომპიუტერიდან და გადამწოდის ინფორმაციას ელექტრომექანიკური ამძრავიდან. შემდეგ იგი ამუშავებს მასთან დაკავშირებულ მართვის კონტურს. აღნიშნული ელექტრომექანიკური ამძრავის სისტემა იძლევა საფრენი აპარატის მართვის მოდულირებას ნებისმიერი ოპტიმალური საფრენოსნო პარამეტრის მიღებისათვის და შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ყველა ტიპის საფრენ აპარატზე.

## დასკვნა

ჩატარებული ანალიზის შედეგად შესაძლებელია ითქვას, რომ თანამედროვე საფრენი აპარატების აეროდინამიკური ზედაპირების მართვისათვის ელექტრომექანიკური ამძრავებს გააჩნიათ რიგი უპირატესობები და არსებობს ძლიერი ტენდენცია მათი გამოყენებისა ნებისმიერ საფრენ აპარატებზე.

## გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. Mohsen Torabzadeh-Tari - Analysis of Electro-Mechanical Actuator Systems in More Electric Aircraft Applications. Department of electrical engineering royal institute of technology. Stockholm 2005. 126 p.;
2. R. Jones, “The more electric aircraft: assessing the benefits,” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, vol. 216, no. 5, pp. 259–269, 2002;
3. M. Christmann, S. Seemann, and P. Janker, “Innovative approaches ” to electromechanical flight control actuators and systems,” Recent Advances in Aerospace Actuation Systems and Components, pp. 17–23, 2010;
4. Д.Н. Базылев, И.И. Виксин, А.С. Кремлев, А.А. Маргун, Р.А. Юрьева. Электромеханический привод. Устройство и управление. Учебное пособие. Университет ИТМО. Санкт-Петербург 2020. 38 ст.;
5. Guan Qiao, Geng Liu, Zhenghong Shi, Yawen Wang, Shangjun Ma, Teik C Lim. A review of electromechanical actuators for More/All Electric aircraft systems. Proc IMechE Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 2018, Vol. 232(22) 4128–4151. 24 p.

## Use of electromechanical actuators for control of aerodynamic surfaces of aircraft

Erekle Samanishvili

### Abstract

The paper reviewed the prospects of using electromechanical drives for controlling the aerodynamic surfaces of the aircraft. Advantages and disadvantages of electromechanical drives are presented. Design types of electromechanical drives are analyzed. The operation scheme of the electromechanical drive system for moving the aerodynamic surface of the aircraft is discussed. As a result of the conducted analysis, it is possible to say that electromechanical controls for controlling the aerodynamic surfaces of modern aircrafts have a number of advantages and there is a strong tendency to use them on any aircrafts.

## Применение электромеханических приводов для управления аэродинамическими поверхностями летательного аппарата

Эрекле Саманишвили

### Резюме

В статье рассматриваются перспективы применения электромеханических приводов для управления аэродинамическими поверхностями летательных аппаратов. Представлены преимущества и недостатки электромеханических приводов. Проанализированы конструктивные типы электромеханических приводов. Рассмотрена схема работы системы электромеханического привода перемещения аэродинамического органа летательного аппарата. В результате проведенного анализа получаем, что электромеханические органы управления аэродинамическими поверхностями современных летательных аппаратов имеют ряд преимуществ и наметилась устойчивая тенденция к их использованию на любых летательных аппаратах.

# ხიდური ამწის ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაციონალური რეჟიმით მუშაობისას დინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება ალექსანდრე მეტრეველი\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** შემუშავებულია ხიდური ამწით ტვირთის აწევისას აჩქარების მომენტში მიმდინარე დინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელი. აღწერილია ხიდური ამწის ქმედება ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაციონალური-გაშვების მუშა რეჟიმში მუშაობისას. გამოყვანილია კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების გამოსათვლელი ფორმულები. მიღებულია ხიდური ამწის ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაციონალური მუშაობის რეჟიმისას ვერტიკალურ სიბრტყეში დინამიკური ქცევის დიფერენციალური განტოლებები.

**საკვანძო სიტყვები:** ხიდური ამწე, ტვირთამწევი მექანიზმი, დინამიკური დატვირთვები, მათემატიკური მოდელი, კინეტიკური, პოტენციური.

## შესავალი

ხიდური ამწეები არასტაციონალური რეჟიმით მუშაობისას განიცდიან დინამიკური დატვირთვების ზემოქმედებას. ასეთი რეჟიმების წარმოადგენს გაშვება და დამუხრუჭება, რომელთა ანალიზის შემდეგ, შესაძლებელია შევნიშნოთ ხიდური ამწის დინამიკური უცნობი ქმედება. ეს ქმედებები გაითვალისწინება დინამიკურ მოდელში შერჩეული შიგა კოეფიციენტებით.

ხიდური ამწის დინამიკური მოდელირება შევისწავლეთ ტვირთამწევი მექანიზმით მუშაობისას ვერტიკალურ სიბრტყეში. დინამიკური მოდელი შემუშავებულია ხიდური ამწის, რეალური ამწის სისტემის მონაცემების გამოყენებით და განხილულ იქნა ორი შემთხვევა:

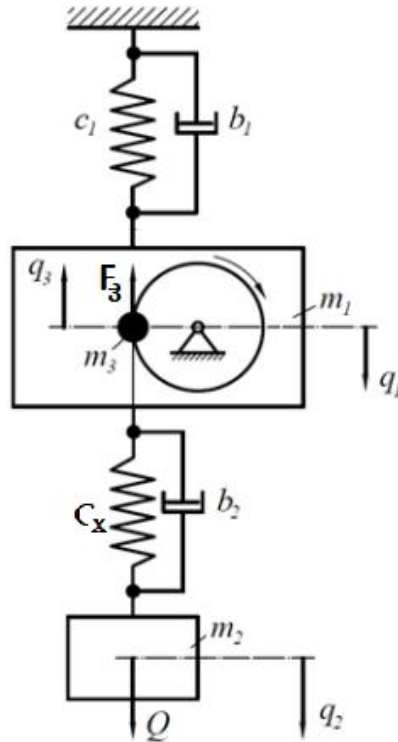
1. ბაგირზე თავისუფლად ჩამოკიდებული ტვირთის აჩქარება, ტვირთის აწევისას;
2. ბაგირზე თავისუფლად ჩამოკიდებული ტვირთის აჩქარება, ტვირთის ჩამოშვებისას.

## ძირითადი ნაწილი

კვლევის ამოცანაა ხიდური ამწით ტვირთის აწევის აჩქარების მათემატიკური მოდელის შექმნა და მისი ანალიზი. ნახ.1-ზე მოცემულია ტვირთამწევი მექანიზმი. ტვირთი მუშაობის დასაწყისში იმყოფება გარკვეულ სიმაღლეზე და იმყოფება დალოდების რეჟიმში. ამწის მზიდი კონსტრუქცია განიცდის დეფორმაციას და იმყოფება ისიც დალოდების რეჟიმში, რის შემდეგაც იგი დაიწყებს რხევას არასტაციონალურ (გაშვების) სამუშაო რეჟიმში.

ამასთან ერთად ტვირთამწევი ბაგირი ამ საწყის ძვრის მომენტში დეფორმირდება ანუ დაგრძელდება სტატიკური დეფორმაციის სიგრძით  $f_{სტ.}$ .

განზოგადოებული კოორდინატები  $q_i (i=1,2,3)$  აღწერენ კონცენტრირებულ მასების შესაძლო გადაადგილებას. თავმოყრილი ძალების სისტემა მოქმედებს როგორც ძალა  $F_m$  ბაგირის მიმართულებით ტვირთის აწევსათვის და წარმოადგენს აწევის ელექტროძრავის მამოძრავებელ ძალას. გამოვიყენებთ რა ლაგრანჟის ენერგეტიკულ მეთოდს, შესაძლებელია აღვწეროთ ხიდური ამწის ქმედება ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაციონალურ (გაშვების) მუშა რეჟიმში მუშაობისას.



ნახ. 1. ხიდური ამწის დინამიკური მოდელი ტვირთის აწევისა და გაშვებისას

ზოგადი სახით განტოლებას აქვს სახე:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_j}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial E_j}{\partial q_i} + \frac{\partial \varphi}{\partial \dot{q}_i} + \frac{\partial E_3}{\partial q_i} = Q_i \quad (1)$$

სადაც  $E_j$  - სისტემის კინემატიკური ენერგია, როგორც განზოგადოებული კოორდინატებისა და სიჩქარის ფუნქცია;

$E_3$  - სისტემის პოტენციური ენერგიაა, როგორც განზოგადოებული კოორდინატების ფუნქცია;

$\varphi$  - სისტემის დისიპაციის ფუნქცია, როგორც განზოგადოებული სიჩქარეების ფუნქცია;

$q_i, \dot{q}_i$  - შესაბამისად განზოგადოებული კოორდინატი და სიჩქარეა;

$Q_i$  - წარმოადგენს არაპოტენციურ ძალას.

აღნიშნული ფორმულის ანალიზით დადგინდა, რომ ამ სისტემის რხევის ამპლიტუდა არის მცირე სიდიდის, ამის გამო შეიძლება გავანალიზოთ მცირე რხევების თეორიის გამოყენებით, ხოლო კინემატიკური და პოტენციური ენერგიები გავიანგარიშოთ მეორე რიგის მცირე სიზუსტით.

სისტემის კინემატიკური ენერგია შეგვიძლია გამოვთვალოთ ფორმულით:

$$E_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 m_i V_i^2 \quad (2)$$

სისტემის შეყურსული მასების სიჩქარე შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ფორმულებით:

$$\begin{aligned} V_1 &= q_1; \\ V_2 &= q_1 + q_2 - q_3 \\ V_3 &= q_3 - q_1 \end{aligned} \quad (3)$$

(1) და (2) განტოლებების ელემენტარული გარდაქმნებით მივიღებთ კონეტიკური ენერჯის საანგარიშო საბოლოო ფორმულას:

$$E_3 = \frac{1}{2} [(m_1 + m_2 + m_3) \dot{q}_1^2 + m_2 \dot{q}_2^2 + (m_2 + m_3) \dot{q}_3^2 + 2m_1 \dot{q}_1 \dot{q}_2 - 2(m_2 + m_3) \dot{q}_1 \dot{q}_3 - 2m_2 \dot{q}_2 \dot{q}_3]$$

(4)

სისტემის პოტენციური ენერჯია იანგარიშება ფორმულით

$$E_3 = E_{31} + E_{32} + E_p$$

სადაც ამწის მზიდი კონსტრუქციის პოტენციური ენერჯიაა

$$E_{31} = -\frac{1}{2} [q]^T [C] (q) = \frac{1}{2} C_1 q_1^2 \quad (5)$$

ამწევი ბაგირის პოტენციური ენერჯია

$$E_{32} = \frac{1}{2} C_2 (q_2 + f_{b\delta})^2 \quad (6)$$

დატვირთვის პოტენციური ენერჯია

$$E_{33} = -m_2 g (V_2 - H + C) \quad (7)$$

სადაც  $[C]$  - არის მზიდი ლითონკონსტრუქციის სიხისტის მატრიცა;

$\{q\}$  - განზოგადოებული კოორდინატის ვექტორი;

$C_2$  - ტვირთის ამწევი ბაგირის ექვივალენტური სიხისტე;

$H$  - აწევის სიმაღლე;

$l$  - ბაგირის საწყისი სიგრძე.

საკვლევი დინამიკური მოდელს აქვს 3 თავისუფლების ხარისხი:  $q_1$  - განზოგადოებული კოორდინატი, რომელიც აღწერს ამწის საყრდენი კონსტრუქციის დაყვანილ მასას;  $q_2$  - განზოგადოებული კოორდინატი, რომელიც აღწერს დატვირთვას ბაგირის მიმართულებით;  $q_3$  - განზოგადოებული კოორდინატი, რომელიც აღწერს ამწევი მექანიზმის დაყვანილი მასის გადაადგილებას.

დინამიკური მოდელის პარამეტრები ნახ.2-ის მიხედვით, რასაც წარმოადგენს თავმოყრილი მასები:  $m_1$  - დისკრეტული მასა მზიდი კონსტრუქციის;  $m_2$  - ტვირთის მასა;  $m_3$  - ტვირთამწევი მექანიზმის მასა დაყვანილი ბაგირის მიმართულებაზე.

დატვირთვის პოტენციური ენერჯის განსაზღვრის მიზნით, გამოვიყენოთ ნახ.2-ზე მოყვანილი საანგარიშო სქემა.

ზომა  $Y_2$  იანგარიშება ფორმულით:

$$Y_2 = H - q_1 - \overline{BC} - q_2 \quad (8)$$

ზომა  $\overline{BC}$  იანგარიშება ფორმულით:

$$\overline{BC} = l - q_3 \quad (9)$$

(8) და (9) ფორმულებს თუ გავითვალისწინებთ (17) ფორმულაში მივიღებთ

$$E_3 = m_2 g (-q_1 - q_2 + q_3) \quad (10)$$

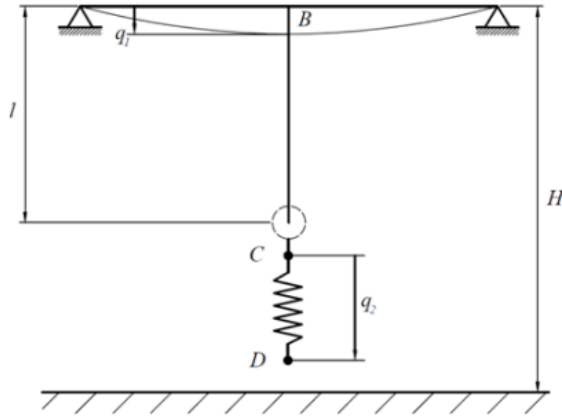
ხოლო (10), (6) და (7) ფორმულებით მივიღებთ მთლიანი სისტემის პოტენციურ ენერჯიას

$$E_3 = \frac{1}{2} C_1 q_1^2 + \frac{1}{2} C_2 (q_2^2 + 2f_{b\delta} \cdot q_2 + f_{b\delta}^2) + m_2 g (-q_1 - q_2 + q_3) \quad (11)$$



დისიპაციის ფუნქცია შესაძლებელია გამოითვალოს ფორმულით

$$\varphi = \frac{1}{2} \{\dot{q}\}^T [B] \{\dot{q}\} = \frac{1}{2} \{\dot{q}_1 \cdot \dot{q}_1\} \begin{bmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2} (b_1 \dot{q}_1^2 + b_2 \dot{q}_2^2) \quad (12)$$



ნახ. 2. ხიდური ამწის საანგარიშო სქემა ვერტიკალურ სიბრტყეში

ხიდური ამწის სისტემაზე მოქმედებს, აგრეთვე განზოგადოებული არაპოტენციური ძალა  $Q_3 = F_3$  მისი ინტენსიობა განისაზღვრება (5) ფორმულით.

(10) ფორმულასთან შესაბამისობაში შეგვიძლია ჩამოვყალიბოთ დიფერენციალური განტოლება მთლიანი სისტემის მოძრაობის დინამიკური მოდელი, რომელიც ნახ.1-ზეა მოცემული:

$$\begin{aligned} (m_1 + m_2 + m_3) \ddot{q}_1 - (m_2 + m_3) \ddot{q}_3 + b_1 \dot{q} + C_1 q_1 - m_2 g &= 0 \\ m_2 \ddot{q}_1 + m_2 \ddot{q}_2 - m_2 \ddot{q}_3 + b_2 \dot{q}_2 + C_2 q_2 &= 0 \\ -(m_2 + m_3) \ddot{q}_1 - m_2 \ddot{q}_2 + (m_2 + m_3) \ddot{q}_3 + m_2 g &= Q + F_0 \left( 1 - \frac{t^2}{T^2} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

(13) განტოლებათა სისტემა შეიძლება ამოხსნილ იქნას რიცხვითი მეთოდებით, თუკი გავითვალისწინებთ საწყის პირობებს, რომელიც მოცემული შემთხვევისათვის მოცემულია ფორმულებით:

$$q_1(0) = q_{1\text{სტ.}}; \quad q_2(0) = 0; \quad q_3(0) = 0; \quad \dot{q}_i(0) = 0. \quad (14)$$

მირებული (13) დიფერენციალური განტოლებები აღწერენ ხიდური ამწის დინამიკურ ქცევას ვერტიკალურ სიბრტყეში ამწევი მექანიზმის არასტაციონალური მუშაობის რეჟიმისას.

### დასკვნა

1. გამოკვლევებში გამოყენებული იქნა დინამიკური მოდელი ზოგიერთი შესწორებებით, რათა შექმნილიყო უფრო ზუსტი მოდელი. რისთვისაც ბაგირის სიხისტე მიღებულია როგორც მუდმივი, დამატებით გათვალისწინებულია მუშაობის პირობები, ამწის დემფირების ეფექტში გავითვალისწინეთ მისი კონსტრუქცია და ბაგირი, გათვალისწინებულია დამტვირთავი ძალა კვადრატული განტოლების ფორმით, ხოლო სამუხრუჭე ძალა მიღებულია როგორც მუდმივი.

2. ხიდური ამწის პროექტირებისას მნიშვნელოვანია პარამეტრები, რომლებიც ექვემდებარებიან ანალიზს მაგალითად - საყრდენი კონსტრუქციის ჩალუნვის სიდიდე და

ხიდის მალის შუაში ძაბვის მნიშვნელობა, ამასთან აღნიშნული პარამეტრები რეგულირდება, როგორც ადგილობრივი ისე საერთაშორისო სტანდარტებით.

3. შემუშავებულია ხიდური ამწით ტვირთის აწევის აჩქრებისას მათემატიკური მოდელი.

4. მიღებულია ხიდური ამწის დინამიკური განტოლებები ტვირთამწევი მექანიზმის არასტაბილური (გაშვების) მუშა რეჟიმში მუშაობისას.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. Q. Yang, X. Li, H. Cai, Y-M. Hsu, J. Lee, C. Hung Yang, Z. Li Li, and M. Yi Li. Fault prognosis of industrial robots in dynamic working regimes: Find degradation in variations. Measurement, 173:108545, 2021;

2. Q. Jiao, B. Li, Y. Qin, F. Wang, J. Gu, J. Wang, and C. Mi, Research on dynamic characteristics of lifting rope-breaking for the nuclear power crane. Journal of Failure Analysis and Prevention, 21:1220–1230, 2021;

3. D. Cekus, P. Kwiatóń, and T. Geisler. The dynamic analysis of load motion during the interaction of wind pressure. Meccanica, 56:785–796, 2021;

3. J. Yuan, C. Schwingshackl, C. Wong, and L. Salles. On an improved adaptive reduced-order model for the computation of steady-state vibrations in large-scale non-conservative systems with friction joints. Nonlinear Dynamics, 103:3283–3300, 2021;

4. H. Zhu, J. Li, W. Tian, S. Weng, Y. Peng, Z. Zhang, and Z. Chen. An enhanced substructure-based response sensitivity method for finite element model updating of large-scale structures. Mechanical Systems and Signal Processing, 154:107359, 2021;

5. I. Golvin and S. Palis. Robust control for active damping of elastic gantry crane vibrations. Mechanical Systems and Signal Processing, 121:264–278, 2019.

### **Mathematical modelling of the dynamic processes of the bridge crane loading mechanism while working in the non-stationary mode**

**Alexandre Metreveli**

#### **Abstract**

The mathematical model of the dynamic processes at the moment of acceleration of the bridge crane while lifting the load has been developed. The action of the bridge crane while working in the operating mode of the non-stationary launch of the load-carrying mechanism has been described.

The formulas for calculating the kinetic and potential energies have been derived.

### **Математическое моделирование динамических процессов мостовых кранов при работе грузоподъемных механизмов в нестационарном режиме**

**Александр Метревели**

#### **Резюме**

Разработана математическая модель динамических процессов, происходящих в момент ускорения подъема груза мостовым краном. Описано поведение мостового крана при работе в режиме нестационарного пуска. Выведены формулы для вычисления кинематической и потенциальной энергий. Получены дифференциальные уравнения динамического поведения.

Математическое Моделирование динамических процессов мостовых кранов при работе грузоподъемных механизмов нестационарном режиме.

# მომეტებული საფრთხის შემცველი მანქანა-დანადგარების კვლევისათვის გამოყენებული მანქანა დანადგარების მუშაობსუნარიანობის კრიტერიუმების ანალიზი

გაბრიელ მერაბიშვილი\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ჩატარებულია მომეტებული საფრთხის შემცველი მანქანა-დანადგარების კვლევისათვის გამოყენებული მანქანა დანადგარების მუშაობსუნარიანობის კრიტერიუმების ანალიზი. გაანალიზებულია ზღვრული მდგომარეობის დადგომის პირობები. მოყვანილია ხიდური ამწეების საიმედოობისა და რისკების შეფასებისადმი მიდგომის ძირითადი პრინციპები. განხილულია ტვირთამწევი მანქანების საიმედოობისა და რისკების შეფასების საკითხები მათი პროექტირების, დიაგნოსტირების და ექსპლუატაციის სტადიებში.

**საკვანძო სიტყვები:** ტვირთამწე მანქანები, მოსაბრუნებელი მექანიზმი, მუშაობსუნარიანობა, ანალიზი, საიმედოობა.

## შესავალი

მომეტებული საფრთხის შემცველი მანქანა-დანადგარებს შორის თავისი მრავალფეროვნებით ერთ-ერთი უპირველესია ტვირთამწე მანქანები, ამწეების ექსპლუატაციის მუშაობის უნარიანობის კრიტერიუმებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მათი საექსპლუატაციო საიმედოობა. მათსადავსადავს ყოველი საკვლევი სამუშაო ჩატარებული ამ სფეროში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია.

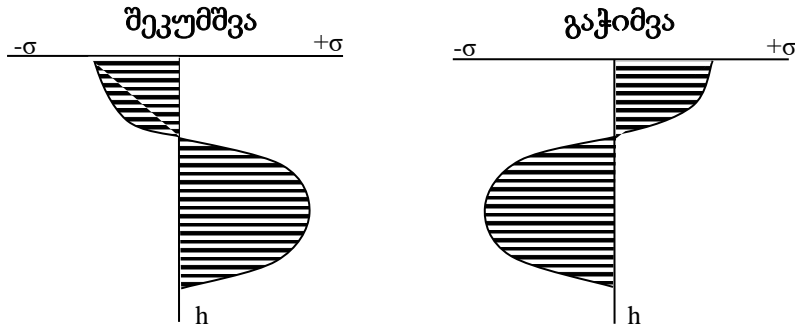
## ძირითადი ნაწილი

### 1. მანქანა დანადგარებზე მოქმედი საექსპლუატაციო ფაქტორები

მანქანა დანადგარზე მოქმედი მრავალჯერადი ცვლადი დატვირთვა იწვევს კონსტრუქციული მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების თანდათანობით შეცვლას, შიგა უმცირეს დაზიანებათა დაგროვებას. დროთა განმავლობაში დეტალი ასეთი ცვლილებების გამო აღწევს ზღვრულ მდგომარეობამდე, რომელიც შეიძლება დასრულდეს მისი სრული რღვევით ან თვალსაჩინო ზომის ბზარის გაჩენით.

ამტანობის უნარის ზღვრის დადგენის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება, რომ დეტალებში შიგა და გარე ძაბვები და შესაბამისი დეფექტები წარმოიქმნება არა მარტო მექანიკური დატვირთვების გამო - მათი წარმოიქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს:

1. დეტალის დამზადების პროცესში ნარჩენი დამაბულობის კერები.
2. ჩამოსხმის, შედუღების, ჭედვის და უფრო ნაკლებად მექანიკური დამუშავების ღარვის, ჩარხვის, ხეხვის და რანდვის ტექნოლოგიური ოპერაციები.

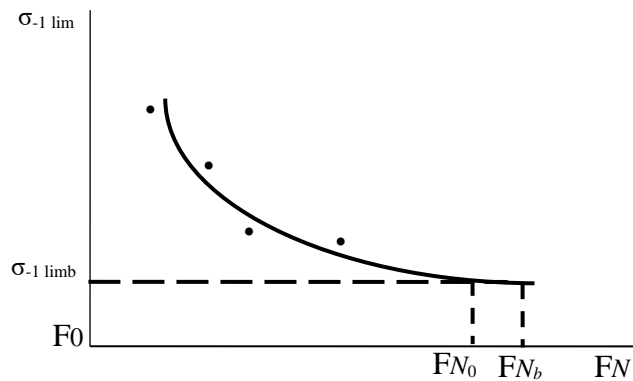


ნახ. 1. ზედაპირზე ნარჩენი დეფორმაციების განაწილების ეპიურები.

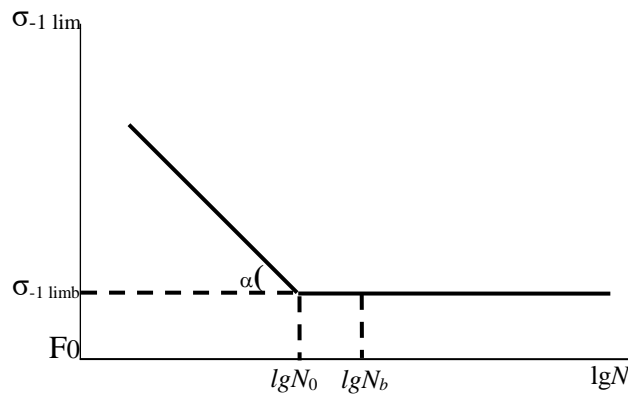
ნახ. 1-ზე მოცემულია ნარჩენი ძაბვების განაწილების ეპიურები, რომლებიც დამახასიათებელია მექანიკური წესით დამუშავებული დეტალებისათვის.

## 2. დადლილობის მახასიათებლების ანალიზი

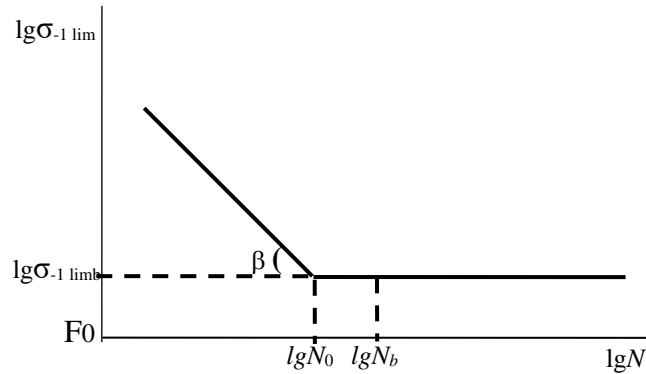
ამტანობის უნარის ძირითად მახასიათებლად საყოველთაოდ მიჩნეულია დადლილობის მრუდი, რომლის პარამეტრები ექსპერიმენტულად განისაზღვრება. იგი აიგება როგორც  $\sigma_{-1 \text{ lim}} - N$  კოორდინატებში (ნახ. 2), ისე  $\sigma_{-1 \text{ lim}} - \lg N$  კოორდინატებში (ნახევრად ლოგარითმული ნახ. 3) და  $\lg \sigma_{-1 \text{ lim}} - \lg N$  კოორდინატებში (ლოგარითმული ნახ. 4).



ნახ. 2. დადლილობის მრუდი კოორდინატებში  $\sigma_{-1 \text{ lim}} - N$



ნახ. 3. დადლილობის მრუდი კოორდინატებში  $\sigma_{-1 \text{ lim}} - \lg N$



ნახ. 4. დაღლილობის მრუდის კოორდინატებში  $lg\sigma_{-1\lim} - lgN$

დაღლილობის მრუდის პარამეტრებზე, ბუნებრივია, გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი: ძაბვათა კონცენტრაციები, მუშა ტემპერატურა, დეტალის ზომები, ფორმა და გადასვლები, ზედაპირის მდგომარეობა, მასალის მიკროსტრუქტურა და მრავალი სხვა.

დაღლილობის მრუდის მარცხენა დაღმავალი უბანი კარგად გამოისახება განტოლებით, რომელიც წარმოდგენილია ლოგარითმულ კოორდინატებში გამოსახული მრუდის პარამეტრით:

$$\sigma_i^m \cdot N_i = \sigma_{-1limb} \cdot N_0 = C = const, \quad (1)$$

სადაც  $\sigma_i$  და  $N_i$  შესაბამისად დამაბულობისა და ციკლთა რიცხვების მიმდინარე მნიშვნელობებია;  $C$  – მუდმივი სიდიდე;  $\sigma_{-1\limb}$  – ციკლების რიცხვი,  $\sigma_{-1\limb}$  – მაქსიმალური, ზღვრული ძაბვის მნიშვნელობა ციკლების ბაზური რიცხვის დროს.

იმის გამო, რომ დაღლილობის მრუდის აგება (ნახ.5) ექსპერიმენტული გზით საკმაოდ რთული და შრომატევადია, საჭირო მონაცემების მისაღებად ხშირად სარგებლობენ დაგროვილი ექსპერიმენტული მონაცემებით, რომლებიც გამოისახება ემპირიული გამოსახულებებით:

$$m_{-1} = 35 \left( \frac{\sigma_{-1limb}}{\sigma_b} \pm 0,043 \right), \quad (2)$$

$$m_r = m_{-1} \frac{\sqrt[3]{4(1-r)}}{2}; \quad (3)$$

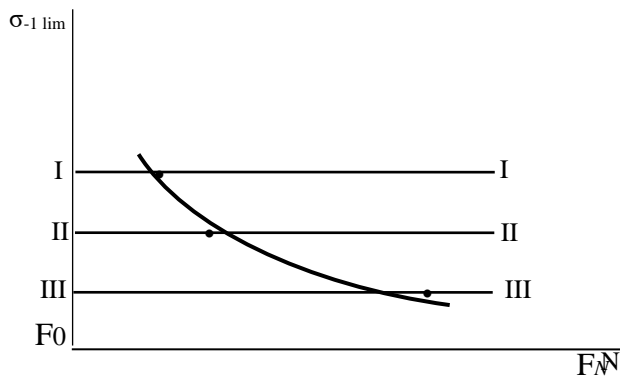
$$lgC = 4,71 + 1,61 m_r; \quad (4)$$

სადაც  $m_{-1}$  და  $m_r$  შესაბამისად დაღლილობის მრუდის კოეფიციენტებია სიმეტრიული და ასიმეტრიული დატვირთვების დროს;  $\sigma_b$  - დეტალის სიმტკიცის ზღვარი;  $r$  - ასიმეტრიის კოეფიციენტი.

დაღლილობის მრუდის მეშვეობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ ციკლის მაქსიმალური დამაბულობა ამტანობის ზღვარი, რომელიც არ იწვევს ნიმუშის ან დეტალის რღვევას მისი მრავალჯერადი დატვირთვის შედეგად. კონსტრუქციული მასალების, შავი ლითონების შემთხვევაში ხშირად საკმარისია ვიპოვოთ ამ დამაბულობის მნიშვნელობა საბაზო ციკლების რაოდენობისათვის. იგულისხმება, რომ, თუ ნიმუში არ განიცდის რღვევას დატვირთვის ბაზური რიცხვის მიღწევას, იგი არ გამოვა წყობიდან გამოცდების შემდგომი გაგრძელებისას.

თუ დეტალის საჭირო ხანგამძლეობა შეზღუდულია დატვირთვითა ციკლების რიცხვით, მაგალითად,  $N_1$ ,  $N_2$ -ით, რომლებიც ბაზურ რიცხვზე ნაკლებია, საჭიროა ვისარგებლოთ მრუდით, რომელიც წარმოადგენს ნიმუშის ამტანობის ზღვრულ

მდგომარეობას. ამტანობის უნარის მრუდი შეესაბამება იმ უდიდეს დამაბულობის მნიშვნელობას, რომელსაც უძლებს ნიმუში მისი  $N_1, N N_2$ -ჯერ დატვირთვის დროს, როცა დამაბულობა შესაბამისად  $\sigma'_{-lim}$  და  $\sigma''_{-lim}$  ამასთან, თუ  $N N_1 > N_2$ , მაშინ  $\sigma''_{-lim} > \sigma'_{-lim}$ .



ნახ. 5. დადლილობის მრუდის აგების მეთოდის სქემა

ამტანობის უნარის ზღვარი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული აგრეთვე დროში ძაბვათა ცვლილებების და ციკლის ასიმეტრიის ხასიათზე, აგრეთვე დამაბული მდგომარეობის სახეზე.

წინასწარი, მიახლოებითი გაანგარიშებების დროს აღძრული ძაბვა რეალური პირობებისათვის საჭიროა კორექტირებული იქნეს ქვემოთ მოყვანილი თანაფარდობის შესაბამისად:

$$\bar{\sigma} = \sigma \cdot \bar{k}, \quad (5)$$

სადაც  $\bar{\sigma}$  კორექტირებული მუშა ძაბვა;  $\sigma$  - მუშა ძაბვა;  $\bar{k}$  - კორექციის კოეფიციენტი და განისაზღვრება ფორმულით

$$\bar{k} = \frac{K_d}{\varepsilon_s} + \frac{1}{\gamma} - 1, \quad (6)$$

სადაც  $K_d$  დამაბულობის კონცენტრაციის ეფექტურობის კოეფიციენტი და დამოკიდებულია დეტალის ფორმაზე (ყველაზე მეტად), მასალის გვარობაზე, დატვირთვის სახეზე და აიღება ზღვრებში 1,05...3 (მცირე მნიშვნელობები შეესაბამება დეტალის მარტივ ფორმას,  $\varepsilon_s$  - განივკვეთის ზომების გავლენის კოეფიციენტი, დამოკიდებულია აგრეთვე დატვირთვის სახეზე და მასალის ხარისხზე, აიღება 0,95...0,5 ფარგლებში (მცირე მნიშვნელობა შეესაბამება დეტალის დიდ ზომებს;  $\gamma$  - ზედაპირის დამუშავების ხარისხის კოეფიციენტი, დამოკიდებულია მასალის დამუშავების მეთოდზე და ხარისხზე და ჩვეულებრივ აიღება 1...0,3 ფარგლებში (მცირე მნიშვნელობა შეესაბამება უხეშ ზედაპირებს და მაღალ ტემპერატურას დამუშავების პროცესში).

### დასკვნა

1. მანქანა დანადგარზე მოქმედი მრავალჯერადი ცვლადი დატვირთვა იწვევს კონსტრუქციული მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების თანდათანობით შეცვლას, შიგა უმცირეს დაზიანებათა დაგროვებას.

2. დადლილობის მრუდის მემვეობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ ციკლის მაქსიმალური დამაბულობა ამტანობის ზღვარი, რომელიც არ იწვევს ნიმუშის ან დეტალის რღვევას მისი მრავალჯერადი დატვირთვის შედეგად.

3. ამტანობის უნარის ზღვარი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული აგრეთვე დროში მდგომარეობის და ციკლის ასიმეტრიის ხასიათზე, აგრეთვე დაძაბული მდგომარეობის სახეზე.

### გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები

1. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. Изд. «НАУКА», Главная редакция физико-математической литературы. Москва, 1966, 707 с.;
2. Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. Москва, «Машиностроение» 1986. 226 с.;
3. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчета на трение. Москва, «Машиностроение», 1977, 519 с.;
4. Чхаидзе Т.А., Джапаридзе Г.К., Гоголадзе Л.Д., Гонгладзе Д.Ш. К вопросу повышения ресурса тяжело нагруженных безсепараторных подшипников качения. Науч. тех. жур. ГТУ, Тбилиси, №3 (34) 2015. 91-99 с.;
5. Y.A. Onur and H. Gelen. Design and deflection evaluation of a portal crane subjected to traction load. Materials Testing, 62(11):1131–1137, 2020;
6. 8. Y.A. Onur and H. Gelen. Investigation on endurance evaluation of a portal crane: experimental, theoretical and finite element analysis. Materials Testing, 62(4):357–364. 2020.

### **The analysis of the working capacity criteria of the machinery used for the research of the machines containing increased danger**

**Gabriel Merabishvili**

#### **Abstract**

The analysis of the working capacity criteria of the machinery used for the research of the machines containing increased danger has been carried out.

The main principles of assessing the reliability and risks for bridge cranes have been discussed. The issues of assessing the reliability and risks in case of loading machines have been discussed during the stages of diagnostics and exploitation.

### **Анализ критерии работоспособности устройств, используемых для исследования машин повышенной опасности**

**Габриел Мерабишвили**

#### **Резюме**

Проведен анализ критерий работоспособности установок, использованных для исследования машин повышенной опасности; проведен анализ условий наступления предельного состояния. Проведены основные принципы подхода оценки надежности и рисков мостовых кранов. Рассмотрен вопрос оценки надежности и рисков грузоподъемных машин на стадиях проектирования, диагностирования и эксплуатации.

Анализ критерий работоспособности для исследования установок повышенной опасности.

უკ 531.8

## AutoCAD-ის 3D Polyline-ით ზედაპირის შექმნა კომპიუტერულ პროგრამა Civil 3D საშუალებით

გოჩა ჩიტაიშვილი\*, ნანა ნოზაძე,\*\* მანანა ნოზაძე\*\*\*

\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\* პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** Civil 3D არის AutoCAD-ის სამოქალაქო მშენებლობისათვის განკუთვნილი ბრძანებებით გაძლიერებული პროგრამა. პროგრამა Civil 3D განკუთვნილია ინფრასტრუქტურული ობიექტების დაპროექტებისათვის. ამ პლატფორმით შესაძლებელია მარტივად და სწრაფად შეიქმნას გზა, არხი, კაშხალი, რკინიგზა, პორტი, მილგაყვანილობა და მრავალი სხვა ინფრასტრუქტურული პროექტი. Civil 3D საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ ობიექტების სამგანზომილებიანი მოდელები ისე, რომ შევინარჩუნოთ დინამიკური კავშირი საწყის მონაცემებთან. რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნის სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნა შესაძლებელია: მოცემული face-ების (სახეების, სამკუთხედების) მიხედვით; მოცემული იზოჰიფსების მიხედვით და ასევე მოცემული წერტილების მიხედვით. სტატიაში განხილული და აღწერილია მოცემული AutoCAD-ის 3D Polyline-ით (იზოჰიფსებით) ზედაპირის ციფრული მოდელის შექმნის შესაძლებლობა და საპროექტო სამუშაოებისათვის საჭირო არის განსაზღვრა.

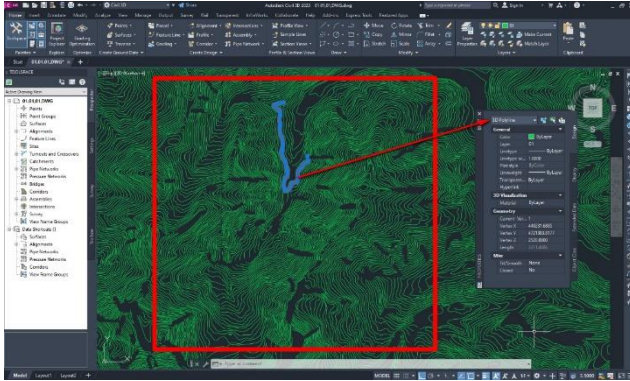
**საკვანძო სიტყვები:** 3D Polyline (იზოჰიფსები), ზედაპირის ციფრული მოდელი, Surfaces (ზედაპირები).

პროგრამა Civil 3D განკუთვნილია ინფრასტრუქტურული ობიექტების დაპროექტებისათვის. მას იყენებენ ინჟინერ-მშენებლები და ასევე სხვა სპეციალისტები გეგმარებისათვის, დაპროექტებისათვის და სამოქალაქო მშენებლობების პროექტების მენეჯმენტისათვის. ფაქტობრივად, ეს არის AutoCAD-ის გაძლიერებული პროგრამა სამოქალაქო მშენებლობისათვის განკუთვნილი ბრძანებებით. ამ პლატფორმით შესაძლებელია მარტივად და სწრაფად შეიქმნას გზა, არხი, კაშხალი, რკინიგზა, პორტი, მილგაყვანილობა და მრავალი სხვა ინფრასტრუქტურული პროექტი. Civil 3D საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ ობიექტების სამგანზომილებიანი მოდელები ისე, რომ შევინარჩუნოთ დინამიკური კავშირი საწყის მონაცემებთან. განვსაზღვროთ ზედაპირის წერტილების კოორდინატები და მოვახდინოთ მისი ტექსტურ ფაილში ექსპორტირება კომპიუტერული პროგრამა Civil 3D საშუალებით.

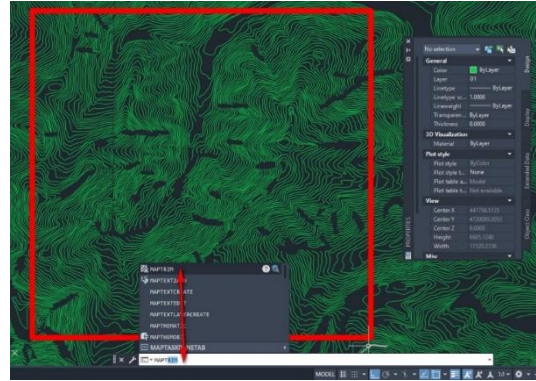
თუ მოცემული გვაქვს იზოჰიფსები, რომლებიც წარმოადგენენ AutoCAD-ის 3D Polyline-ებს და გვინდა შევქმნათ ზედაპირი, თავდაპირველად საჭიროა განვსაზღვროთ საპროექტო სამუშაოებისათვის საჭირო არე. ამისათვის გამოვიყენოთ ხაზვის (Draw) პანელზე არსებული მინიატურა მართკუთხედი (Rectangle). მისი საშუალებით შემოვსაზღვროთ საპროექტო არე (სურ. 1). საპროექტო არის განსაზღვრის შემდეგ კლავიატურაზე ავკრიფოთ MAPTRIM (რუქის მოკვეთა) (სურ. 2). Enter კლავიშზე დაჭერის შემდეგ გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა Trim Objects at Boundary (ობიექტების მოკვეთა საზღვარზე), სადაც:



1. ველში **Boundary** (საზღვარი) მოვნიშნოთ **Select Boundary** (შეარჩიე საზღვარი) დავაჭიროთ მის მარჯვენა მხარეს არსებულ კლავიშს **Select** (შერჩევა) (სურ. 3). მოვნიშნოთ მართკუთხედი **Enter**. რის შემდეგაც კვლავ დავუბრუნდებით დიალოგურ ფანჯარას.



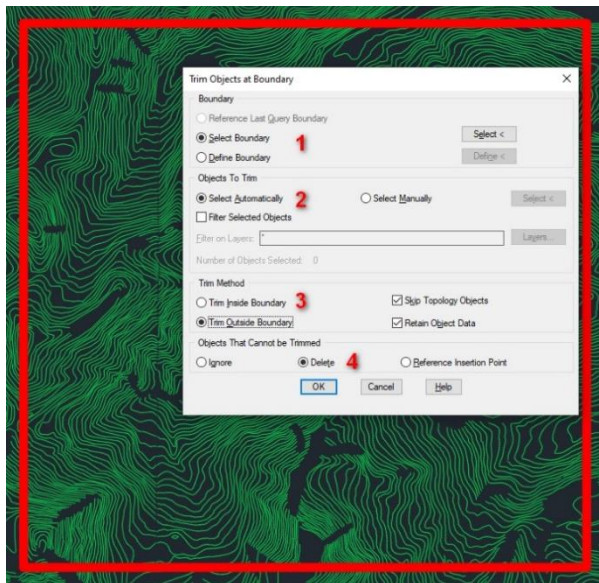
სურ. 1.



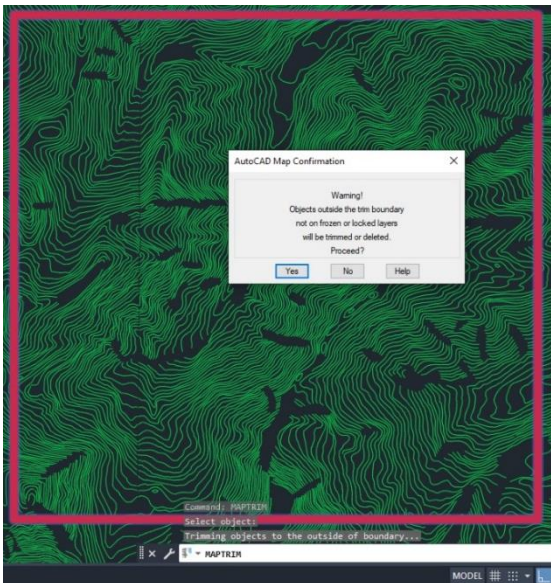
სურ. 2.

2. ველში **Objects To Trim** (ობიექტების მოკვეთა) მოვნიშნოთ **Select Automatically** (ავტომატურად შერჩევა) თუ მოვნიშნავთ **Select Manually** (ხელით შერჩევა) ამ შემთხვევაში მოგვიჩვენებს ყველა მოსაკვეთი ობიექტის ხელით მონიშვნა.

3. ველში **Trim Method** (მოკვეთის მეთოდი) ვინაიდან გვინდა საზღვრის მართკუთხედის გარეთ მდებარე ობიექტების მოკვეთა, მივუთითოთ **Trim Outside Boundary** (მოკვეთა საზღვრის გარეთ).



სურ. 3.



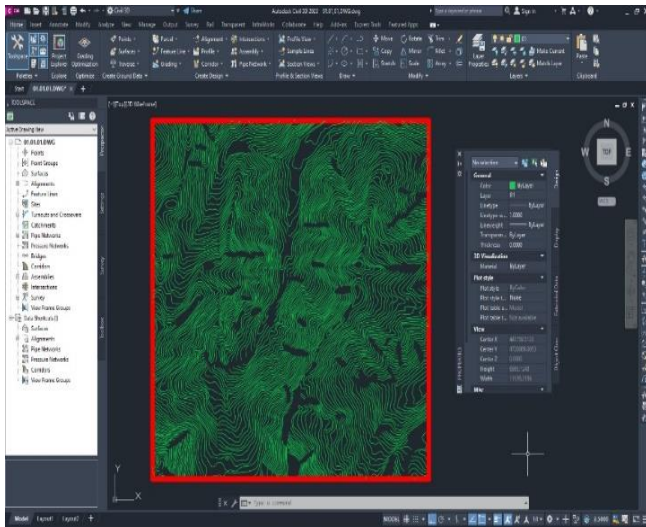
სურ. 4.

4. ველში **Objects That Cannot be Trimmed** (ობიექტი რომელთა მოკვეთა შეუძლებელია) მივუთითოთ **Delete** (წაშლა).

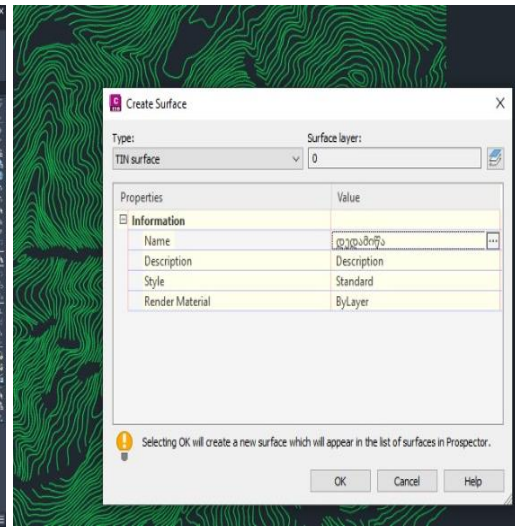
ყველა ველის მითითების შემდეგ დავაჭიროთ **OK** ღილაკს. ამის შემდეგ კი გამოჩნდება ახალი ფანჯარა **AutoCAD Map Confirmation** (AutoCAD-ის რუკის დადასტურება) (სურ. 4) რომელიც გვაფრთხილებს, რომ ობიექტები რომლებიც განთავსებულნი არიან საზღვრებს (მართკუთხედს) გარეთ და არ არიან გაყინულ ან

დაბლოკილ ფენებზე მოიკვეთება ან წაიშლება. **Yes** ღილაკზე დაჭერის შემდეგ მოიკვეთება ყველა საზღვრებს (მართკუთხედს) გარეთ მდებარე ობიექტი (სურ. 5).


მოცემული იზოჰიფსებით ზემოთ აღწერილი მეთოდით შექმნათ **TIN surface**. **TIN** ზედაპირი შედგება სამკუთხედებისაგან, რომლებიც თავისთავად ქმნის არარეგულარულ სამკუთხა ქსელს, რომლებისგანაც შედგება ზედაპირი. **TIN** ხაზების შესაქმნელად **AutoCAD**-ი და **Civil 3D** აერთიანებს ზედაპირის უახლოეს წერტილებს ერთმანეთთან. ზედაპირის კუთვნილი წერტილის ნიშნული განისაზღვრება ინტერპოლაციით.



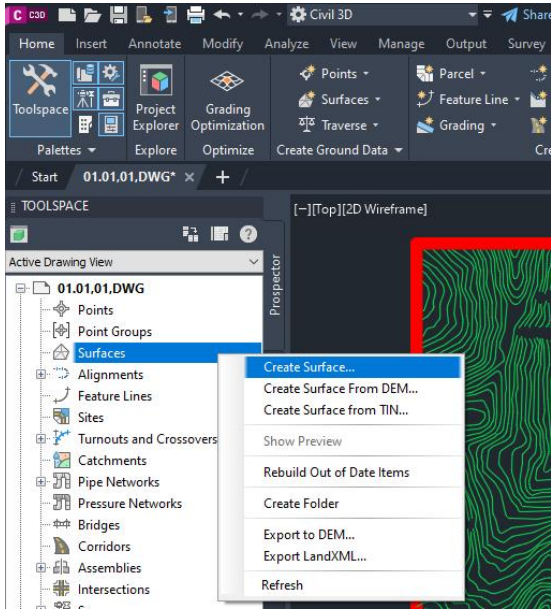
სურ. 5.



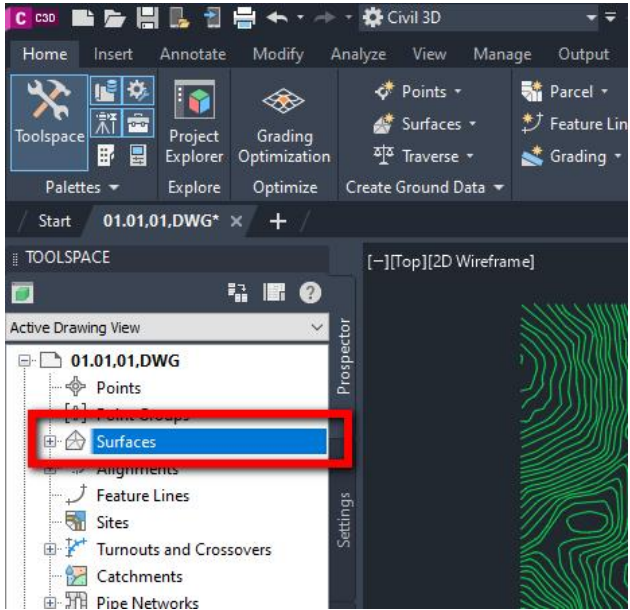
სურ. 6.

ზედაპირის ციფრული მოდელის შესაქმნელად გამოვიყენოთ **Create Ground Data** (შექმენი სახმელეთო მონაცემები) პანელზე არსებული ხელსაწყოთა **Surfaces** (ზედაპირი) ჯგუფი. გავხსნათ ეს ჯგუფი და დავაწკაპუნოთ **Create Surface** (შექმენი ზედაპირი) ველზე. გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა – **Create Surface** (შექმენი ზედაპირი). ამ ფანჯარაში **Name** ველში მივუთითოთ სახელი „დედამიწა“, თუ სახელის მითითებას **Civil 3D** პროგრამას ვანდობთ, ის მას მიანჭებს ნომერს. მაგრამ თუ ნახაზში გვაქვს რამდენიმე ზედაპირი გაგვიძნელდება მათი იდენტიფიცირება, ამიტომ უმჯობესია ყველა ზედაპირს მივცეთ ისეთი სახელი, რომელიც მომავალში გაგვიადვილებს ზედაპირის იდენტიფიცირებას. ასევე სტილის შესარჩევად ჩანართში **Properties** (თვისებები) ველის **Style**-ის გასწვრივ მარჯვენა კუთხეში დავაწკაპუნოთ სამ წერტილზე . შევარჩიოთ სასურველი სტილი. ანალოგიურად შევარჩიოთ **Render Material** (ტონირების მასალა) და ღილაკზე **OK** დაწკაპუნებით დავხუროთ დიალოგური ფანჯარა – **Create Surface** (შექმენი ზედაპირი). **TIN surface** (**TIN** ზედაპირის) შექმნა შეიძლება ნავიგატორის საშუალებითაც სურ. 7, რის შემდეგაც გამოჩნდება იგივე დიალოგური ფანჯარა სურ. 6.

ნავიგატორში **Surfaces** (ზედაპირები) ველის წინ გამოჩნდება + ნიშანი (სურ. 8). + ნიშანზე დაწკაპუნების შემდეგ გაიხსნება და გამოჩნდება შექმნილი ზედაპირი „დედამიწა“, მაგრამ ნახაზში არ მოხდება არავითარი ცვლილება, რადგან შექმნილი ზედაპირი ჯერ-ჯერობით ცარიელია, ვინაიდან იგი ვირტუალურია. რეალური ზედაპირის განსაზღვრისათვის საჭიროა შესაქმნელ ზედაპირს „დედამიწა“-ს დავამატოთ განმსაზღვრელები, ჩვენს შემთხვევაში ეს არის იზოჰიფსები.

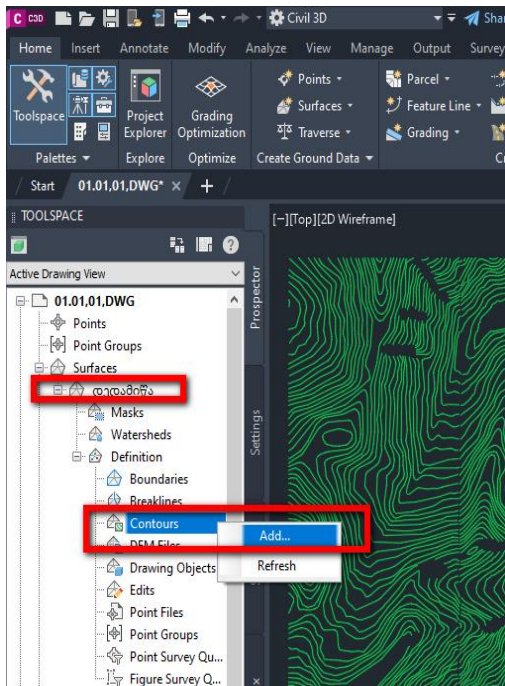


სურ. 7.

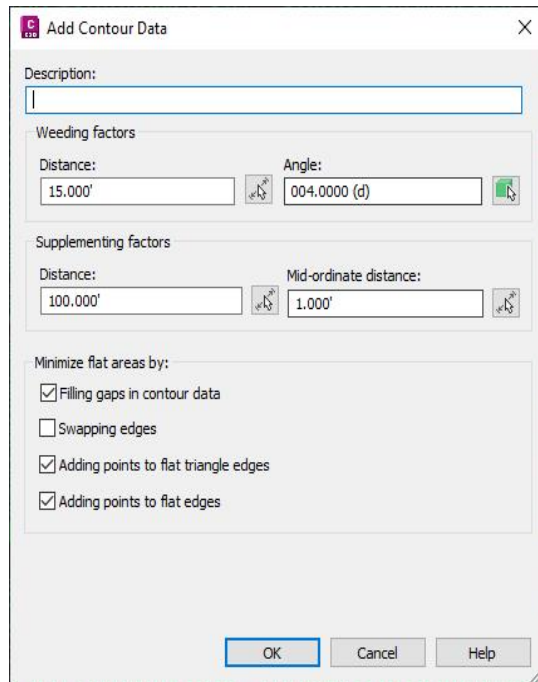


სურ. 8.

**Contours** ღილაკზე თაგუნას მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Add Contour Data** (დაამატეთ კონტურის მონაცემები) ამ შემთხვევაში **Contours** ნიშნავს იზოჰიფსებს (სურ. 10). მიუთითოთ **Description** ხოლო დანარჩენი ველი დავტოვოთ უცვლელად. შემდეგ მოვნიშნოთ იზოჰიფსები და დავაჭიროთ კლავიშს **ENTER**, რის შემდეგ შეიქმნება ზედაპირი.



სურ. 9.



სურ. 10.

ამგვარად, შევქმენით ზედაპირი, რომლებიც განსაზღვრული იყო იზოჰიფსებით და ეს იზოჰიფსები წარმოადგენდნენ AutoCAD-ის 3D Polyline-ებს.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. გ. ჩიტაიშვილი, ნ. ნოზაძე - კომპიუტერული საინჟინრო გრაფიკა Autodesk Civil 3D, CD-6148;
2. AutoCAD® Civil 3D® 2016 Essentials Eric Chappell, ISBN: 978-1-119-05959-2, ISBN: 978-1-119-05958-5 (ebk.), ISBN: 978-1-119-05975-2 (ebk.), CD-6147;
3. A Practical Guide to AutoCAD® Civil 3D® 2018 ISBN: 978-1-934865-32-3, CD-6145.

### **Creating the surface by the means of AutoCAD 3D Polyline and Civil 3D software**

**Gocha Chitaishvili, Nana Nozadze, Manana Nozadze**

#### **Abstract**

Civil 3D is a software empowered by the commands of AutoCAD used for civil construction. Civil 3D software is dedicated for projecting the infrastructural objects. This platform makes it possible to easily and quickly create road, channel, dam, railway, port, pipeline and many other infrastructural projects. Civil 3D enables us to create three dimensional models of the objects keeping dynamic connection with the initial data. There are different methods of creating digital model of the relief: according to the given faces (faces, triangles); according to the given isohypses and also points. The article discusses and describes the possibility of creating the surface using AutoCAD 3D Polyline (isohypses) and the determination of the necessary area for the project works.

### **Создание поверхности из AutoCAD-а в 3D Polyline с помощью Компьютерной программы Civil 3D**

**Гоча Читаишвили, Нана Нозадзе, Манана Нозадзе**

#### **Резюме**

Civil 3D – это программа усиленная приказами AutoCAD-а для гражданского строительства. Программа Civil 3D предназначена для проектирование объектов инфраструктуры. В статье рассматривается и описывается возможность создания поверхности AutoCAD-а с помощью 3D Polyline. С помощью этой платформы можно легко и быстро создать путь, канал, плотину, железную дорогу, порт, трубопроводы и другие инфраструктурные проекты. Civil 3D позволяет создавать трехмерные модели объектов таким образом, чтобы поддерживать динамическую взаимосвязь с исходными объектами. Существуют различные методы создавая цифровой модели местности. Создавая цифровой модели местности можно по заданным **face**-ам (граням, треугольникам) по заданным изогипсам и также по заданным точкам. В статье обсуждается и описывается с AutoCAD-а **3D Polyline**-ом (изогипсами) создания цифровой модели заданной поверхности и определить требуемую площадь для проектных работ.

უაკ 531.8

## ზედაპირის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა

### და ტექსტურ ფაილში ექსპორტირება

გოჩა ჩიტაიშვილი\*, ნანა ნოზაძე\*\*, ქეთევან ჭკუასელი\*\*\*

\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\* პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** *Civil 3D* საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ ობიექტების სამგანზომილებიანი მოდელები ისე, რომ შევინარჩუნოთ დინამიკური კავშირი საწყის მონაცემებთან. განვსაზღვროთ ზედაპირის წერტილების კოორდინატები და მოვახდინოთ მისი ტექსტურ ფაილში ექსპორტირება კომპიუტერული პროგრამა *Civil 3D* საშუალებით. სტასიაში განხილულია და აღწერილია რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნა მოცემული ჰორიზონტალების მიხედვით. მოცემული ჰორიზონტალები *AutoCAD*-ის ჩვეულებრივი ობიექტები, პოლიწრფეებია (*3D Polyline*), რომელთაც აქვს ნიშნულები. რელიეფის ციფრული მოდელიდან ზედაპირის კუთვნილი წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა და ტექსტურ ფაილში ექსპორტირება. ასევე აღწერილია როგორ მოვახდინოთ ზედაპირიდან ამოღებული წერტილების, რომლებიც *AutoCAD*-ის ჩვეულებრივი წერტილებია და რომელთაც გააჩნიათ მხოლოდ *X*, *Y* და *Z* კოორდინატები მათი კონვერტაცია *COGO Point* (*COGO* წერტილები) ანუ *Autodesk Civil 3D*-ს მიერ შექმნილ წერტილებში.

**საკვანძო სიტყვები:** *COGO* წერტილები, წერტილების ექსპორტირება, იზოჰიფსები, რელიეფის ციფრული მოდელი.

თუ მოცემული გვაქვს იზოჰიფსები, რომლებიც წარმოადგენენ *AutoCAD*-ის *3D Polyline*-ებს და გვინდა შევქმნათ *TIN surface* (*TIN* ზედაპირი შედგება სამკუთხედებისაგან, რომლებიც თავისთავად ქმნის არარეგულარულ სამკუთხა ქსელს. *TIN* ხაზები წარმოქმნის სამკუთხედებს, რომლებისგანაც შედგება ზედაპირი. *TIN* ხაზების შესაქმნელად *Civil 3D* აერთიანებს ზედაპირის უახლოეს წერტილებს ერთმანეთთან. ზედაპირის კუთვნილი წერტილის ნიშნული განისაზღვრება ინტერპოლაციით.)

რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნის სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი:

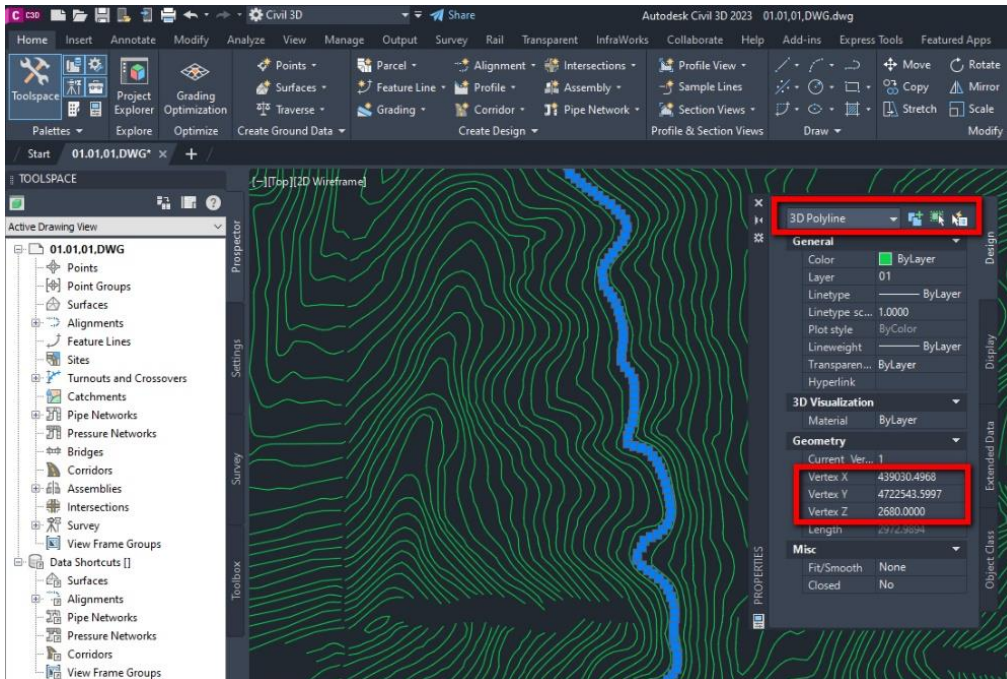
რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნა შესაძლებელია:

1. მოცემული *face*-ების (სახეების, სამკუთხედების) მიხედვით;
2. მოცემული ჰორიზონტალების მიხედვით;
3. მოცემული წერტილების მიხედვით.

ჩამოთვლილთაგან *face*-ების (სახეების, სამკუთხედების) მიხედვით შექმნილი ციფრული მოდელი უფრო ზუსტია, შემდეგი არის ჰორიზონტალების მიხედვით აგებული ზედაპირი დასასრულ კი წერტილების მიხედვით.

ახლა ჩვენ განვიხილოთ რელიეფის ციფრული მოდელის შექმნა მოცემული ჰორიზონტალების მიხედვით. მოცემული ჰორიზონტალები *AutoCAD*-ის ჩვეულებრივი ობიექტები, პოლიწრფეებია (*3D Polyline*), რომელთაც აქვს ნიშნულები. ნახაზზე მონიშნული ჰორიზონტალის ნიშნულია 520.000 (სურ. 1).

ზედაპირის ციფრული მოდელის შესაქმნელად ხელსაწყოთა პალიტრაში (**Toolspace**) გავხსნათ ჩანართი – **Prospector** (პერსპექტივა) (სურ. 2.). ზედაპირის შესაქმნელად ნავიგატორში მოვნიშნოთ **Surfaces** (ზედაპირები) და თავუნას მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპუნებით გამოვიძახოთ კონტექსტური მენიუ, რომელშიც თავუნას მარცხენა ღილაკის დაწკაპუნებით **Create Surface...**-ზე (შექმენით ზედაპირი...) გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა – **Create Surface** (შექმენით ზედაპირი) (სურ. 3.).

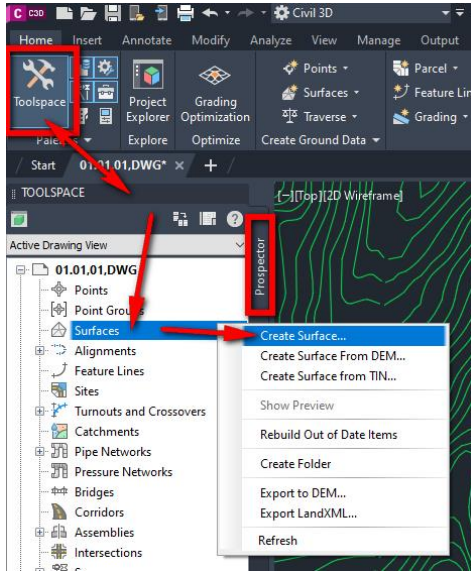


სურ. 1.

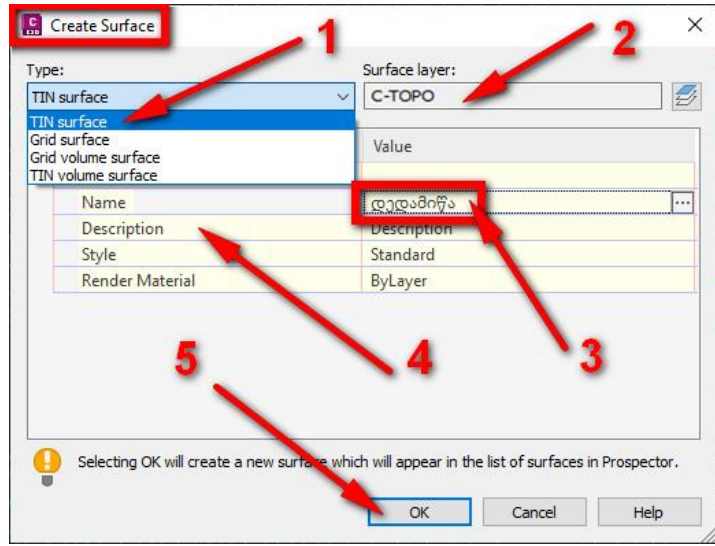
1. დიალოგურ ფანჯარაში **Create Surface** (შექმენით ზედაპირი) ველში **Type:** (ტიპი:) მივუთითოთ **TIN surface** (**TIN** ზედაპირი).

**TIN** ზედაპირი შედგება სამკუთხედებისაგან, რომლებიც თავისთავად ქმნის არარეგულარულ სამკუთხა ქსელს. **TIN** ხაზები წარმოქმნის სამკუთხედებს, რომლებისგანაც შედგება ზედაპირი. **TIN** ხაზების შესაქმნელად **AutoCAD**-ი და **Civil 3D** აერთიანებს ზედაპირის უახლოეს წერტილებს ერთმანეთთან. ზედაპირის კუთვნილი წერტილის ნიშნული განისაზღვრება ინტერპოლაციით; **Surface Layer** (ზედაპირის ფენა) ველში შესაძლებელია ფენის შერჩევა; **Name** (სახელი) ველში სასურველია სახელის მითითება, ჩვენს შემთხვევაში სახელად მითითებული „დედამიწა“; **Description** (აღწერა) ველში შესაძლებელია ზედაპირის მოკლე აღწერა;

დასასრულს, დავაწკაპუნოთ **OK** ღილაკზე, რის შემდეგაც შეიქმნება ზედაპირი. ნავიგატორში დავაწკაპუნოთ **Surfaces** (ზედაპირები) ველზე წინ მდებარე + ნიშანზე და დავინახავთ ჩვენ მიერ შექმნილ ზედაპირს – „დედამიწა“, მაგრამ ნახაზში არაფერი შეიცვლება (სურ. 4). ვინაიდან ზედაპირი ჯერჯერობით ცარიელია, იგი ვირტუალურია. რეალური ზედაპირის მისაღებად საჭიროა შესაქმნელ ზედაპირს – „დედამიწა“ – დავამატოთ განმსაზღვრელები, ჩვენს შემთხვევაში ეს არის ჰორიზონტალები. ამისათვის კვლავ ნავიგატორში თავდაპირველად დავაწკაპუნოთ „დედამიწა“-ს წინ მდებარე + ნიშანზე და შემდგომ კი **Definition**-ის (განმარტება) წინ მდებარე + ნიშანზე. ამ განყოფილებაში გამოჩნდება ჩამონათვალი:

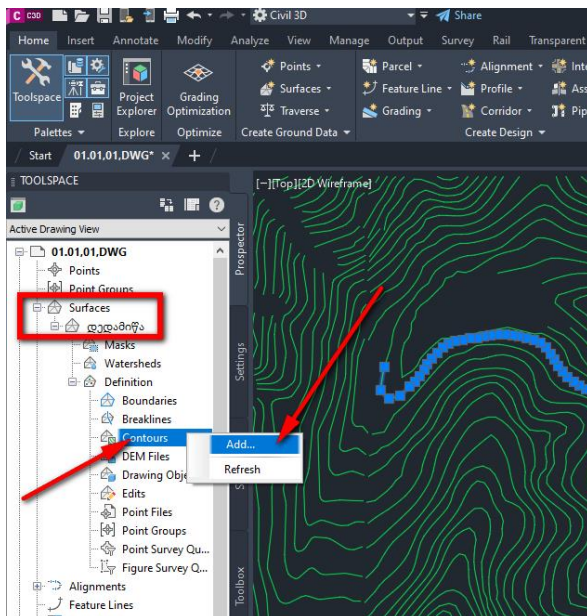


სურ. 2.

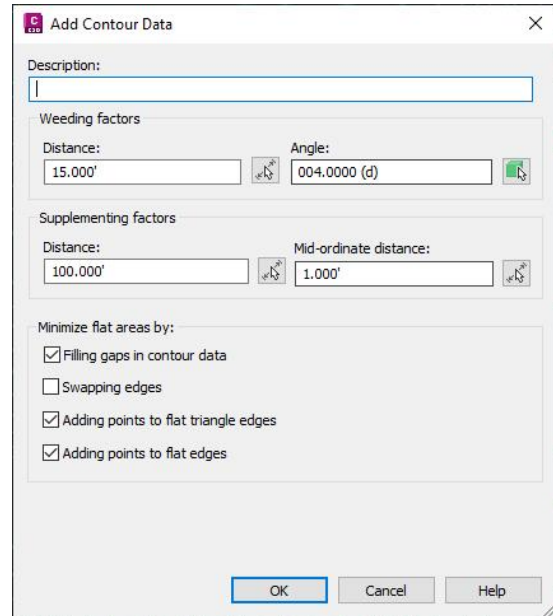


სურ. 3.

**Boundaries** (საზღვრები), **Breaklines** (სტრუქტურული ხაზები), **Contours** (კონტურები) **DEM Files** (A digital elevation model, ეს არის ფაილის ფორმატი, რელიეფის სამგანზომილებიანი მოდელის მონაცემებისათვის); **Drawing Objects** (ნახაზის ობიექტები), **Edits** (რედაქტირება), **Point Files** (წერტილების ფაილები), **Point Groups** (წერტილების ჯგუფები), **Point Survey Queries** (მოთოვნები წერტილების კვლევისთვის), **Figure Survey Queries** (მოთხოვნები ფიგურის კვლევისთვის). ამ ჩამონათვალს მომავალში განვიხილავთ. ახლა კი თავუნას მარჯვენა დილაკის საშუალებით დავაწკაპუნოთ **Contours** (კონტურები) ველზე და გამოჩენილ კონტექსტურ მენიუმში თავუნას მარცხენა დილაკის საშუალებით დავაწკაპუნოთ **Add**.



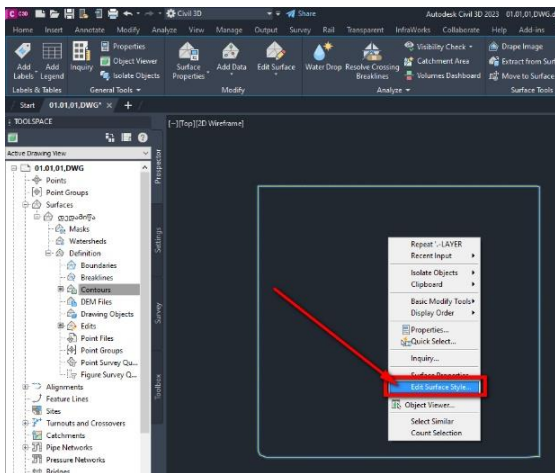
სურ. 4.



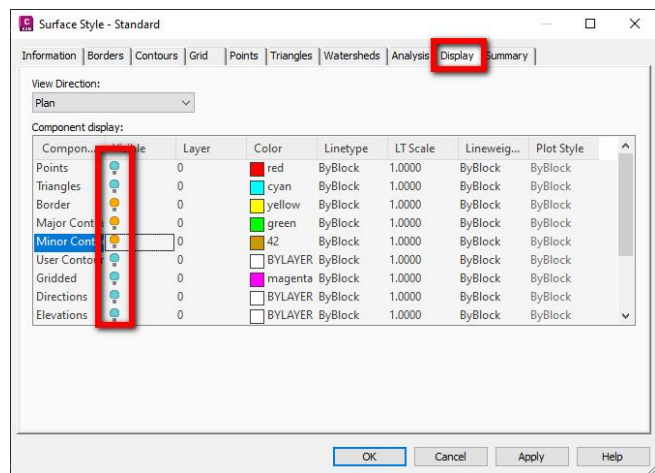
სურ. 5.

(დაამატეთ) ველზე (სურ. 4). გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Add Contour Data** (კონტურის მონაცემების დამატება). მოდით ჯერჯერობით ამ დიალოგურ ფანჯარაში არ შევცვალოთ არაფერი და დავაწკაპუნოთ **OK** დილაკს (სურ. 5). ბრძანებების სტრიქონში

გამოჩნდება მითითება – **Select contours** (მონიშნეთ კონტური), მოვნიშნოთ ჰორიზონტალები და კლავიატურაზე დავაწვეთ **OK** კლავიშს. რის შემდეგაც მონიტორზე დავინახავთ, რომ ზედაპირი წარმატებით შეიქმნა. ზედაპირის სრულფასოვნად დასათვარიელებლად ჩავაქროთ პოლიწრფეების (**3D Polyline**) ფენა და შევცვალოთ ვიზუალიზაციის სტილი, რისთვისაც მოვნიშნოთ ზედაპირი (საზღვარი) და გამოვიძახოთ დიალოგური ფანჯარა **Edit Surface Style** (ზედაპირის სტილის რედაქტირება სურ. 6). გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა სადაც ველში **Display** გავააქტიუროთ ის ნათურები რომელიც შეესაბამება ჩვენთვის სასურველ სტილს და ასევე, ველში **Borders** (საზღვრები) მივუთითოთ **Contour Intervals** (კონტურის ინტერვალი) სასურველი ინტერვალი. შემდეგ კი მოვნიშნოთ შექმნილი ზედაპირი და თავუნას მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპუნებით გამოვიძახოთ კონტექსტური მენიუ, რომელშიც დავაწკაპუნოთ **Object Viewer** (ობიექტის დამთვარიელებელი) ველზე.



სურ. 6.



სურ. 7.

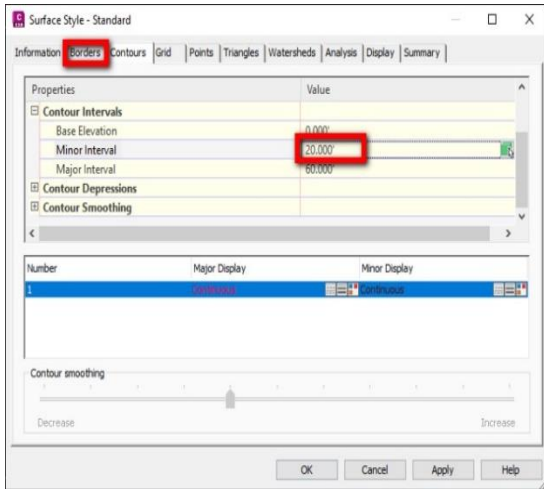
გამოჩნდება შექმნილი რელიეფი (სურ. 9), სადაც შესაძლებელია ვიზუალიზაციის სტილის ცვლილება. 9-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ზედაპირი ვიზუალიზაციის სტილით – **Wireframe** (კარკასული) ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ზედაპირი შექმნილია სამკუთხედების საშუალებით, რომელთა რაოდენობა ნახაზში ძალზე დიდია, რადგან არსებული ჰორიზონტალები **AutoCAD**-ის ჩვეულებრივი **2D** პოლიწრფეებია (**2D Polyline**), რომლებიც შედგება უამრავი წერტილისაგან, ხოლო **Civil 3D** პოლიწრფის ყველა კუთვნილ წერტილს აღიქვამს როგორც სამკუთხედის წვეროს. ამიტომაც გვაქვს სამკუთხედების დიდი რაოდენობა. დასარწმუნებლად გამოვიძახოთ (სურ. 10) დიალოგური ფანჯარა – **Surface Properties** (ზედაპირის თვისებები) (სურ. 11), რომელშიც გავხსნათ ჩანართი – **Statistics** (სტატისტიკა) და **Tin** ველში ჩანს, რომ **Number of triangles** (სამკუთხედების რაოდენობა) არის 66 200.

ამავე დიალოგურ ფანჯარაში შესაძლებელია სხვა სტატისტიკური მონაცემების ნახვაც.

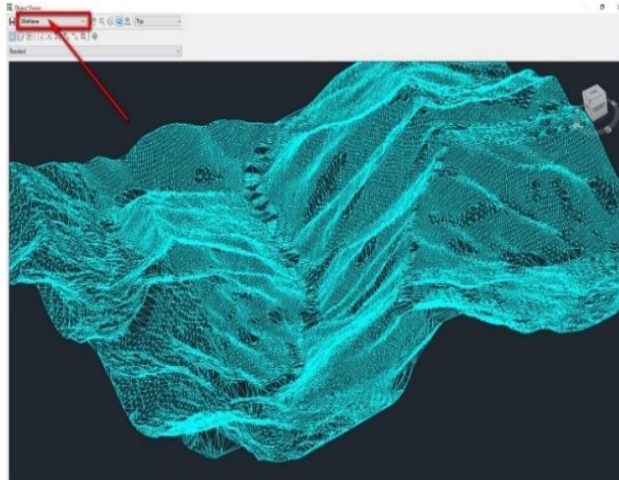
თუ დაგვჭირდა შექმნილი ზედაპირის წაშლა, ხელსაწყოთა პალიტრაში (**Toolspace**) გავხსნათ ჩანართი „დედამიწა“, შემდეგ განსაზღვრებაში (**Definaition**) მოვნიშნოთ (**Contours**) ველი, დაბოლოს, ხელსაწყოთა პალიტრის (**Toolspace**) ქვემოთ გამოჩნდება განმარტება, მოვნიშნოთ იგი და დავაწკაპუნოთ თავუნას მარჯვენა ღილაკზე, გამოჩენილ კონტექსტურ მენიუში კი მივუთითოთ **Delete** (წაშლა) (სურ. 12). ხოლო გამოსულ კონტექსტურ მენიუში **Remove From Definaition** (წაშალე განსაზღვრებიდან) კი მივუთითოთ **OK** (სურ. 13). რის შემდეგაც გაუქმდება შექმნილი ზედაპირი. მაგრამ საჭიროა მდგომარეობის აღდგენა, რისთვისაც მოვნიშნოთ ზედაპირი „დედამიწა“, თავუნას



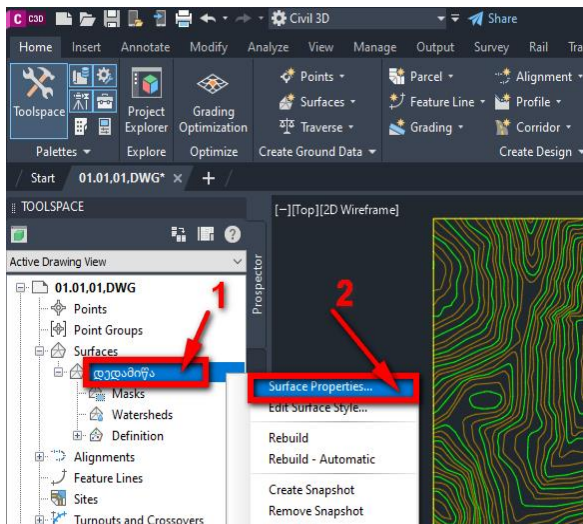
მარჯვენა ღილაკზე დაწკაპუნებით გამოვიძახოთ კონტექსტური მენიუ და დავაწკაპუნოთ **Rebuild** (აღდგენა) ველზე. რის შემდეგაც მოხდება შექმნილი ზედაპირის ფაილიდან ამოშლა (სურ. 14).



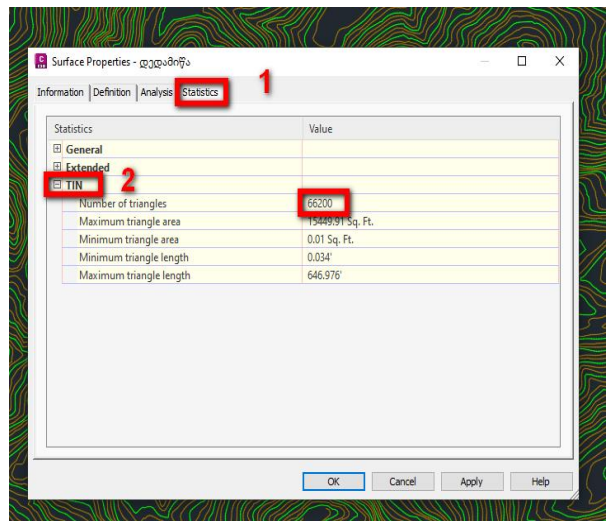
სურ. 8.



სურ. 9.

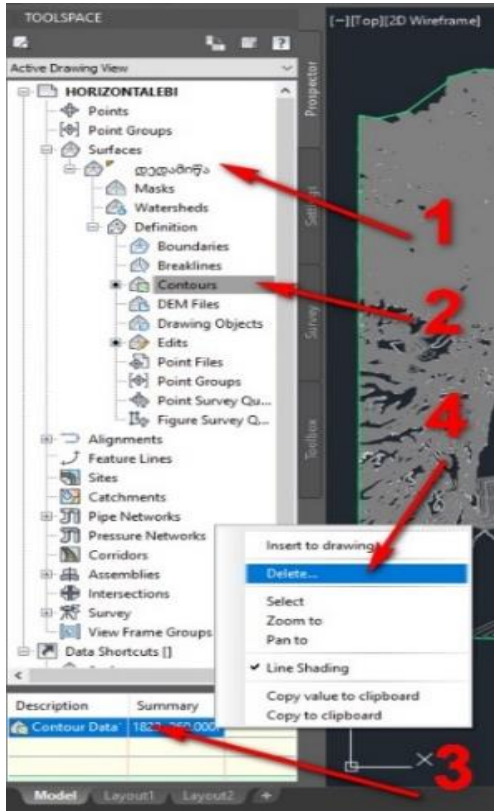


სურ. 10.

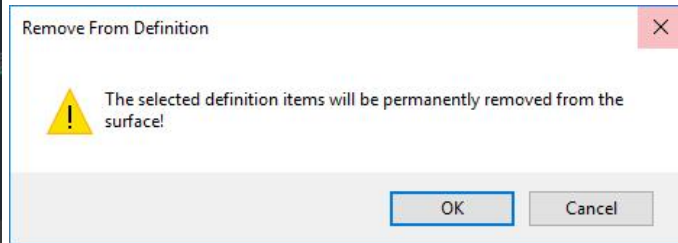


სურ. 11.

იგივე ზედაპირი შევქმნათ თავიდან, რისთვისაც გავიმეოროთ ზემოთ აღწერილი ოპერაცია. კვლავ თავუნას მარჯვენა ღილაკის საშუალებით დავაწკაპუნოთ **Contours** (კონტურები) ველზე და გამოჩენილ კონტექსტურ მენიუში თავუნას მარცხენა ღილაკის საშუალებით დავაწკაპუნოთ **Add** (დაამატე) ველზე (სურ. 4). გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა – **Add Contour Data** (კონტურის მონაცემების დამატება). ამ დიალოგურ ფანჯარაში (სურ. 5) **Distance** (მანძილი) ველში 15 მ-ს ნაცვლად მივუთითოთ, მაგალითად, 25 მ, ეს ნიშნავს, რომ თუ სამკუთხედის გვერდის სიგრძე არის 25 მ-ზე ნაკლები, მაშინ შესაბამისი წერტილები გაუქმდება, რაც საბოლოოდ შეამცირებს სამკუთხედების რაოდენობას.

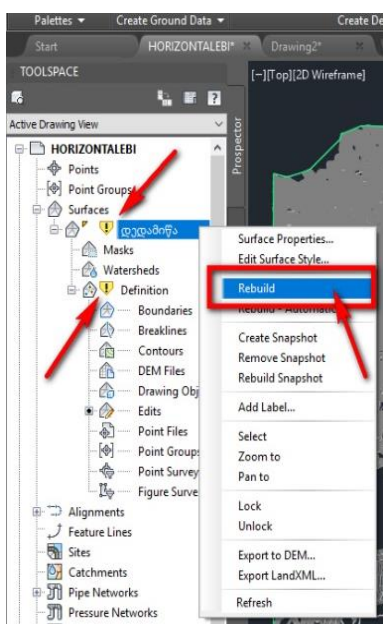


სურ. 12.

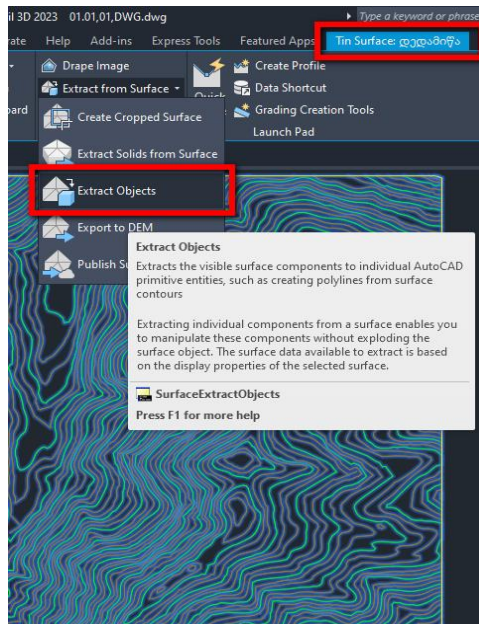


სურ. 13.

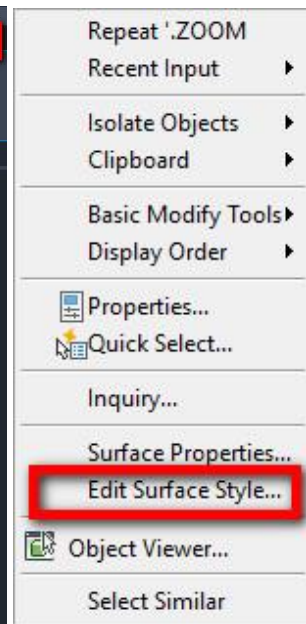
ასევე სამკუთხედების რაოდენობის რეგულირება შესაძლებელია ველის **Angle** (კუთხე) საშუალებითაც, შემდეგ დავაწვეთ **OK** ღილაკს. კვლავ მოვნიშნოთ ზედაპირი და დავაწვეთ **Enter** კლავიშს. რის შემდეგაც ზედაპირი თავიდან შეიქმნება. როგორც დავინახავთ, ახლა სამკუთხედების რაოდენობა გაცილებით ნაკლებია.



სურ. 14.

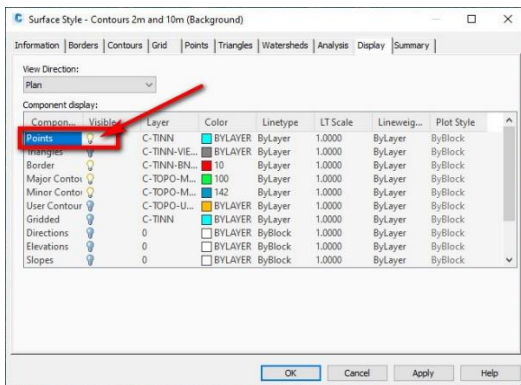


სურ. 15.

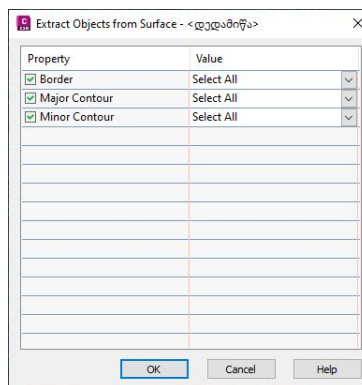


სურ. 16.

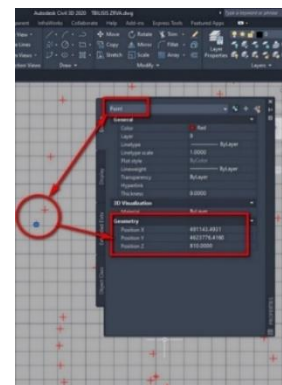
მოვნიშნოთ მიღებული ზედაპირი, რის შემდეგაც დავინახავთ, რომ ზოლში (**Ribbon**) გამოჩნდება ახალი ჩანართი – **Tin Surface** დედამიწა, სადაც პანელში **Surface Tools** (ზედაპირის ხელსაწყოები) ჩამოვშალოთ ველი **Extract from Surface** (ამოიღე ზედაპირიდან). ჩამოშლილი მენიუდან შევარჩიოთ ველი **Extract Objects** (ამოიღეთ ობიექტები) (სურ. 15), მაგრამ არ დაგვავიწყდეს, რომ მანამდე უნდა მოვახდინოთ ზედაპირის სტილში ცვლილება (სურ. 16) და ველი წერტილი (**Points**) გავხადოთ ხილული (სურ. 17). **Extract Objects**-ზე (ამოიღეთ ობიექტები) დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Extract Objects from Surface** - <დედამიწა> (სურ. 18). რადგან ჩვენ მხოლოდ წერტილები გვინტერესებს დავტოვოთ მონიშნული ველი **Points** (წერტილები), ხოლო სხვა ველებში მოვხსნათ აღნიშვნა და დავწვეთ ღილაკს **OK**. შემდეგ დავშალოთ თვითონ ზედაპირი „დედამიწა“ და მონიტორზე დაგვრჩება მხოლოდ წერტილები (სურ. 19). მაგრამ თუ მოვნიშნავთ ნებისმიერ მათგანს და გამოვიძახებთ თვისებების დიალოგურ ფანჯარას (**Properties**) დავინახავთ, რომ ზედაპირიდან ამოღებული წერტილები არის ჩვეულებრივი ავტოკადის წერტილები, რომელთაც გააჩნიათ მხოლოდ **X**, **Y** და **Z** კოორდინატები და ისინი არ არიან **COGO Point** (**COGO** წერტილები) ანუ **Autodesk Civil 3D**-ს მიერ შექმნილი წერტილები, კოორდინირებული გეომეტრიული წერტილები. მოვახდინოთ მათი კონვერტაცია რისთვისაც გამოვიყენოთ პანელზე **Create Ground Data** (შექმენი მიწის მონაცემები) არსებული მინიატურა **Points** (წერტილები). **Point Creation Tools**-ზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Create Points** (წერტილების შექმნა) (სურ. 20). სადაც: **Tab**s ⇒ **Home** ⇒ **Ribbon** ⇒ **Create Ground Data** ⇒ **Points** ⇒ **Point Creation Tools**; ველში **Default Layer** (ნაგულისხმევი ფენა) - შესაძლებელია სასურველი ფენის შერჩევა; ველში **Points Creation** (წერტილების შექმნა) - შესაძლებელია შემდეგი მონაცემების შეყვანა, ველში **Local Coordinates** (ადგილობრივი კოორდინატები) - მივუთითოთ **Northing – Easting** (ჩრდილოეთ – აღმოსავლეთი); ველში **Grid Coordinates** (ქსელის კოორდინატები) - მივუთითოთ **Grid Northing – Grid Easting**



სურ. 17.



სურ. 18.




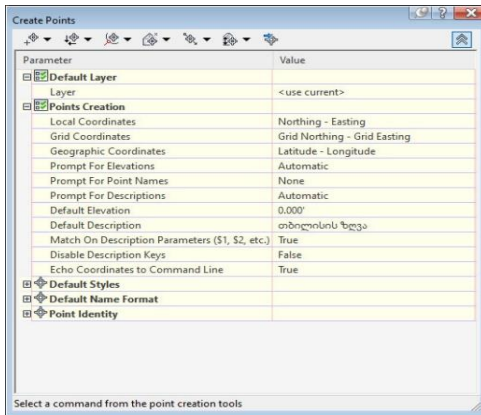
სურ. 19.

(ქსელი ჩრდილოეთი - ქსელი აღმოსავლეთი); ველში **Geographic Coordinates** (გეოგრაფიული კოორდინატები) – მივუთითოთ **Latitude – Longitude** (განედი - გრძედი); ველში **Prompt For Elevation** (სწრაფი სიმაღლე) - მივუთითოთ **Automatic** (ავტომატური); ველში **Prompt For Point Names** (მოთხოვნა წერტილების სახელებისათვის) – მივუთითოთ **None** (არცერთი); ველში **Prompt For Descriptions** (აღწერილობის მოთხოვნა) - მივუთითოთ **Automatic** (ავტომატური); ველში **Default Elevation** (ნაგულისხმევი სიმაღლე) – მივუთითოთ 0.000; ველში **Default Description** (ნაგულისხმევი აღწერა) - მივუთითოთ დედამიწა; ველში **Match On Description Parameters** (შესაბამისობა აღწერილობის პარამეტრებზე შესაბამისობა აღწერილობის გასაღებებზე) - დავტოვოთ უცვლელად; ველში **Disable Description Keys** (გამორთეთ

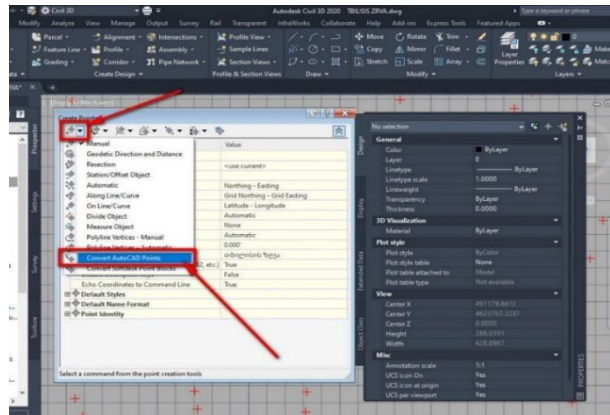
აღწერის გასაღებები) – დავტოვოთ უცვლელად; ველში **Echo Coordinates to Command Line** (ექოს კოორდინატები ბრძანების ხაზზე) - ასევე დავტოვოთ უცვლელად.

ასევე დანარჩენი სმი ველი **Default Styles** (ნაგულისხმევი სტილები), **Default Name Format** (ნაგულისხმევი სახელი ფორმატი) და **Point Identity** (წერტილის იდენტურობა) დავტოვოთ უცვლელად. რადგან წერტილების ძირითადი პარამეტრები

უკვე მითითებული გვაქვს ჩამოვშალოთ მინიატურა  **Miscellaneous:Manual** (სხვადასხვა: სახელმძღვანელო) და გავაქტიუროთ **Convert AutoCAD Points** (გადაიყვანეთ AutoCAD წერტილები) (სურ. 21) და დავაკვირდეთ ბრძანებების სტრიქონს სადაც გამოჩნდება მითითება **Select AutoCAD points:** (მონიშნეთ AutoCAD წერტილები:). წერტილების მონიშნა შემდეგ დავაწვებთ კლავიშს **Enter** რის შემდეგაც **AutoCAD**-ის წერტილები გახდება **COGO Point** (**COGO** წერტილები) (სურ. 22).

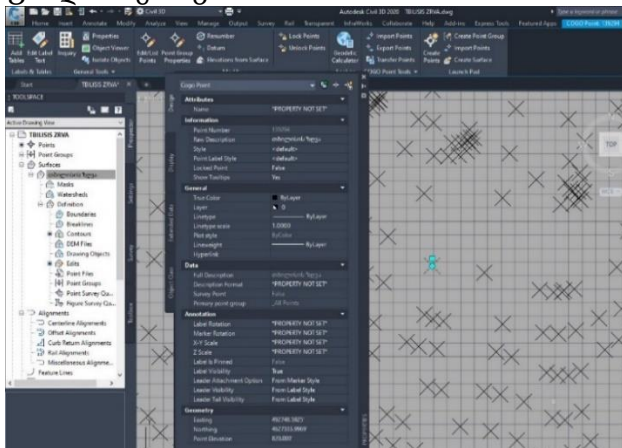


სურ. 20.

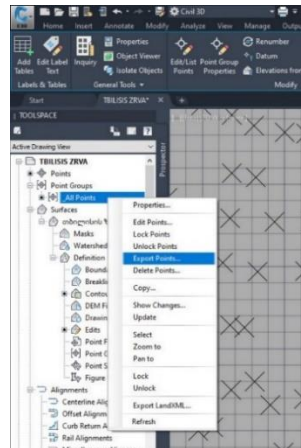


სურ. 21.

წერტილების ტექსტურ ფაილში ექსპორტირებისათვის, ხელსაწყოთა პალიტრაში (**Toolspace**) მოვნიშნოთ ველი **All Points** (ყველა წერტილი) და თავუნას მარჯვენა ლილავზე დაწკაპუნების შემდეგ გამოსულ მენიუში გავაქტიუროთ ველი **Export Points** (წერტილების ექსპორტირება) (სურ. 23). გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა **Export Points** (წერტილების ექსპორტირება) სადაც ველში **Format** (ფორმატი) მივუთითოთ **PNEZ (comma Delimited)** ხოლო ველში **Destination File:** (დანიშნულების ფაილი:) მივუთითოთ მისამართი სადაც გვსურს ფაილის შენახვა (სურ. 24). ასევე შესაძლებელია საჭიროების შემთხვევაში ფაილის გაფართოების ცვლილება ველის **Files of type:** (ფაილების ტიპი:) საშუალებით, რის შემდეგ მოხდება წერტილის კოორდინატების მითითებული პარამეტრებით ტექსტურ ფაილში შენახვა.



სურ. 22.



სურ. 23.



სურ. 24.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა**

1. გ. ჩიტაიშვილი, ნ. ნოზაძე - კომპიუტერული საინჟინრო გრაფიკა Autodesk Civil 3D, CD-6148;
2. AutoCAD® Civil 3D® 2016 Essentials Eric Chappell. ISBN: 978-1-119-05959-2 ISBN: 978-1-119-05958-5 (ebk.) ISBN: 978-1-119-05975-2 (ebk.) CD-6147, A Practical Guide to AutoCAD® Civil 3D® 2018 ISBN: 978-1-934865-32-3, CD-6145.

**Determination of the coordinates of the surface points and exporting them in text file**

**Gocha Chitashvili, Nana Nozadze, Ketevan Chkuaseli**

**Abstract**

**Civil 3D** makes it possible to create the three-dimensional models of the objects while keeping the dynamic connection with the initial data. Using Civil 3D software we can determine the coordinates of the surface points and export them in text file. The article discusses and describes creation of the digital model of the surface using the given horizontals. The given horizontals representing ordinary AutoCAD objects are poly circles (3D Polyline) which have benchmarks. There's also discussed how to determine the coordinates of the points of the surface based on the digital model of the relief and export them in text file. Also, the article describes how to convert the points of the surface, that are ordinary AutoCAD points having only X, Y and Z coordinates to COGO Point (COGO points), that are points created by Autodesk Civil 3D.

**Определение координат точек поверхности и экспортирование в текстовый файл**

**Гоча Читаишвили, Нана нозадзе, Кетеван Чкуасели**

**Резюме**

**Civil 3D** позволяет нам создавать трехмерные модели объектов таким образом, чтобы сохранить динамическую взаимосвязь с исходными данными, определить координаты точек поверхности и экспортировать в текстовый файл с помощью компьютерной программы Civil 3D. В статье рассмотрено и описано создать цифровой модель рельефа по данными горизонтами. Данные горизонталы, обычные объекты AutoCAD-а, это полилинии (3D Polyline) имеюшиеся отметки. Определение координаты точек, принадлежащих рельефной поверхности, по цифровой карте местности и экспортирование ее в текстовый файл. А также описанно как точки, извлеченные из поверхности, которые обычные точки AutoCAD-а имеюшиеся только X, Y, и Z координаты, преобразовать точки в **COGO Point (COGO** точки), т.е. точки созданных Civil 3D.

## სიმტკიცეზე ანგარიში AUTODESK INVENTOR-ის გარემოში

კობა ილურიძე\*, მზია ბეგიაშვილი\*\*

\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია დეტალების დაპროექტებისა და სიმტკიცეზე ანგარიშის საფუძვლები *Autodesk Inventor* – ის გარემოში. მოდელი იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ვიყენებთ რა მექანიზმებისა და მანქანების თეორიის სფეროში მიღებულ ცოდნას, ვაჩქარებთ ანგარიშს და სწრაფად ვსაზღვრავთ მექანიზმის მუშაობის დროს აღძრულ რგოლებზე მოქმედ დატვირთვებს. აღწერილია პროგრამის სიმტკიცეზე შეფასების ინსტრუმენტები მრუდმხარა ცოცია მექანიზმის ბარბაცას მაგალითზე.

**საკვანძო სიტყვები:** 3D მოდელი, ბარბაცა, საანგარიშო მოდულები.

### შესავალი

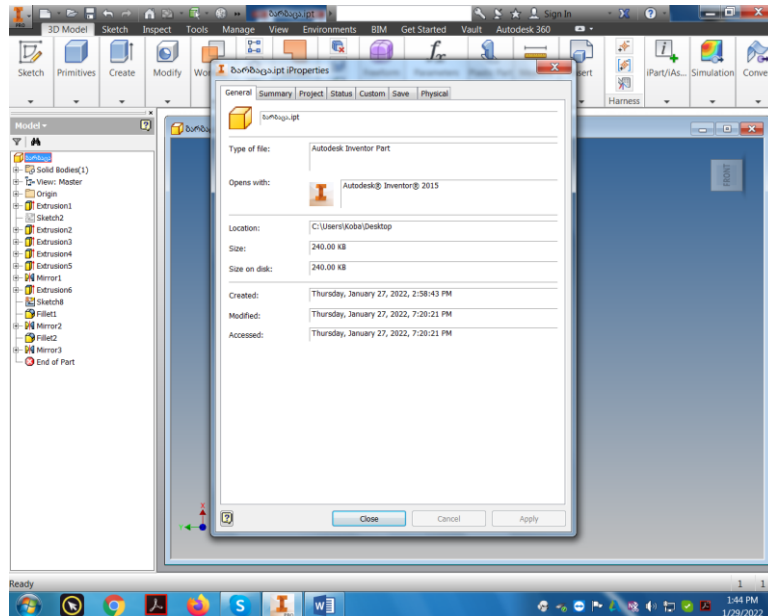
ნებისმიერი მექანიკური სისტემის რგოლების მოძრაობა ხორციელდება მათზე სხვა და სხვა ძალების მოქმედებით, რომლებიც განაპირობებენ რგოლების გარკვეულ გადაადგილებებს, სიჩქარეებსა და აჩქარებებს. კინემატიკის ამოცანის გადაწყვეტისას, მას შემდეგ რაც ცნობილია მექანიზმის რგოლების მოძრაობის პარამეტრები, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მექანიზმზე მოქმედი ძალები. კონსტრუქტორს ეცოდინება რა რგოლებზე მოქმედი ძალები, შეუძლია შეირჩიოს რგოლების რაციონალური ზომები და განსაზღვროს მათი კონსტრუქციული ფორმა. ტექნოლოგიების დღევანდელი განვითარების პირობებში უკვე საკმარისი არ არის და უფრო მეტად პრაქტიკულად შეუძლებელიცაა ამის გაკეთება მხოლოდ ტრადიციული გაანგარიშების მეთოდების საფუძველზე. ამიტომ არანაირი თანამედროვე კვლევები არ ტარდება კომპიუტერული მოდელირებისა და რიცხვითი კვლევის გარეშე. მოდელი იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ვიყენებთ რა მექანიზმებისა და მანქანების თეორიის სფეროში მიღებულ ცოდნას, ვაჩქარებთ ანგარიშს და სწრაფად ვსაზღვრავთ მექანიზმის მუშაობის დროს აღძრულ რგოლებზე მოქმედ დატვირთვებს.

საკვლევი დეტალის სახით გამოყენებულია წნეხის მრუდმხარა ცოცია მექანიზმის ბარბაცა. განხილულია დეტალების დაპროექტებისა და სიმტკიცეზე ანგარიშის საფუძვლები *Autodesk Inventor*–ის გარემოში.

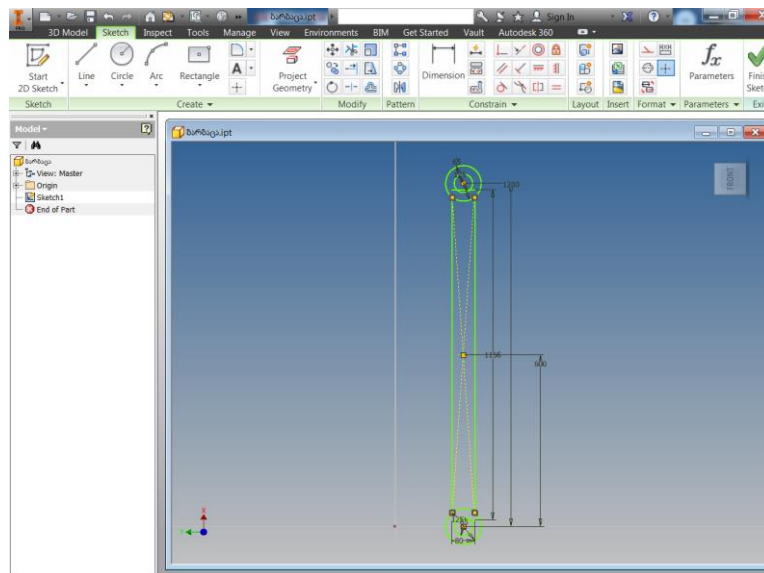
### ძირითადი ნაწილი

დეტალების გაანგარიშებისა და კონსტრუქციებისათვის პროგრამაში ჩადგმულია სპეციალური მოდულები, რომლებიც იძლევიან, მათი დაპროექტებისა და მათზე მოქმედი დატვირთვების გათვალისწინებით, სიმტკიცეზე ანგარიშის ჩატარების შესაძლებლობას. მოდულების სხვადასხვა პარამეტრების მართვით კონსტრუქტორი შეძლებს გარკვეული დატვირთვის მქონე ოპტიმალური კონფიგურაციის დეტალის შექმნას.

განვიხილოთ წნეხის მრუდმხარა ცოცია მექანიზმის ბარბაცის 3D მოდელის შექმნისა და სიმტკიცეზე ანგარიშის მაგალითი. შევქმნათ დეტალი სახელწოდებით ”ბარბაცა” და შევინახოთ.

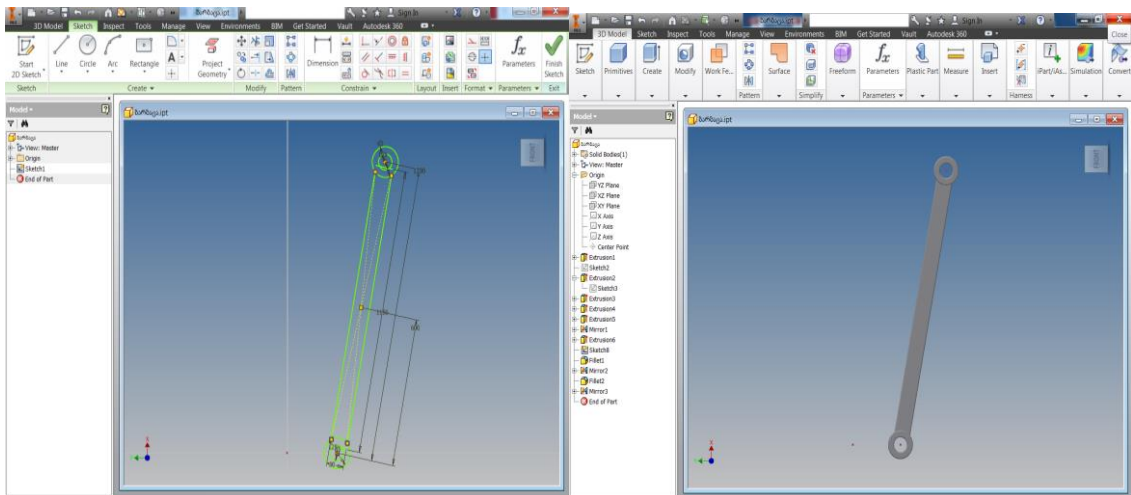


ბარბაცის ესკიზი ზომებით 1200×80×30მმ გამოვხაზოთ XY სიბრტყეში შემდეგი თანმიმდევრობით: ვხაზავთ 65 და 125 მმ-ის დიამეტრის წრეხაზებს და OK. ამის შემდეგ ამ წრეხაზების ცენტრიდან 1200მმ-ის დაშორებით შემოვხაზავთ იმავე დიამეტრის წრეხაზებს და 1200მმ-ის შუა წერტილიდან ბრძანებით ”სწორკუთხედი ორი წერტილით” (**Two Point Rectangle**) ვხაზავთ სწორკუთხედს ზომებით 1156×80 მმ. ესკიზი მიიღებს სახეს (სურ.1).



სურ. 1.

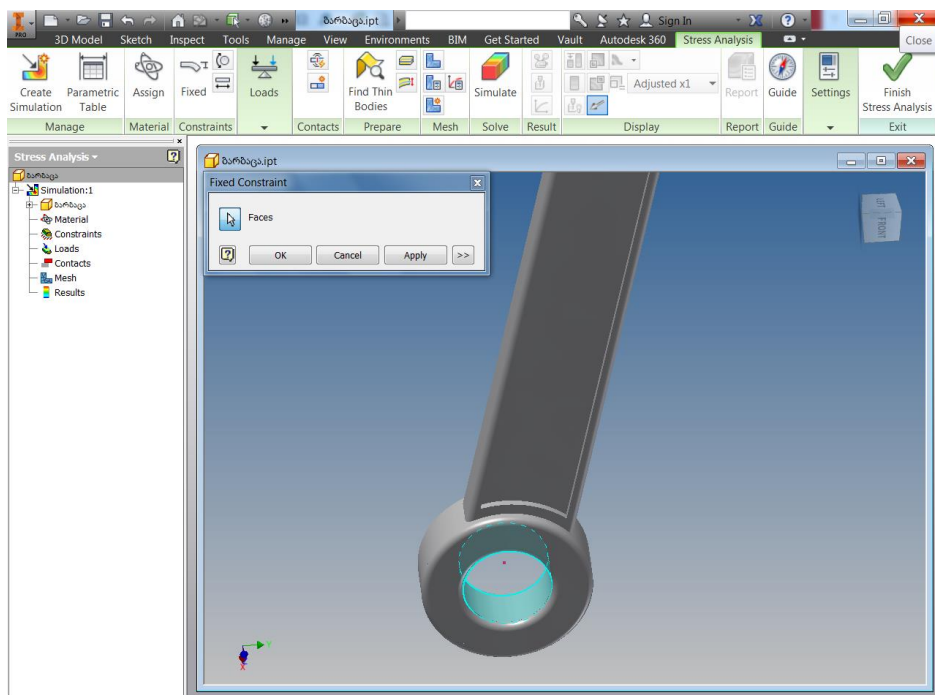
ბარბაცას სიმტკიცეზე ვანგარიშობთ მდებარეობისათვის, როდესაც წნეხზე მოქმედი წინაღობის ძალა მაქსიმალურია, ამ დროს კი ბარბაცა ვერტიკალური ღერძიდან გადახრილია 11<sup>0</sup>-ით, ამიტომ ამოხნეკვის (**Extrude**) ოპერაციას ვასრულებთ ამ მდებარეობისათვის. საბოლოოდ დეტალი მიიღებს შემდეგ სახეს (სურ.2).



სურ. 2.

სიმტკიცეზე ინჟინრული გაანგარიშების ჩასატარებლად გადავდივართ ჩანართზე **Enviroments** (გარემო) და ვხსნით “მაბევის ანალიზს” (**Stress Analysis**). ექმნით “მოდელირებას” (**Create Simulation**) “სიმტკიცეზე ანგარიში” და **OK**. იმისათვის, რომ დავიწყოთ მაბევის ანალიზი, უნდა შევირჩიოთ ბარბაცას მასალა. ამისათვის დეტალის კონტექსტური მენიუდან ვხსნით ფანჯარას ”თვისებები” (**ბარბაცა.ipt Properties**) და ჩანართიდან **Physical** დეტალის მასალად ვირჩევთ ნახშირბადიან ფოლადს (**Steel Carbon**). ფერი – ფოლადის (**Steel**) და ვინახავთ.

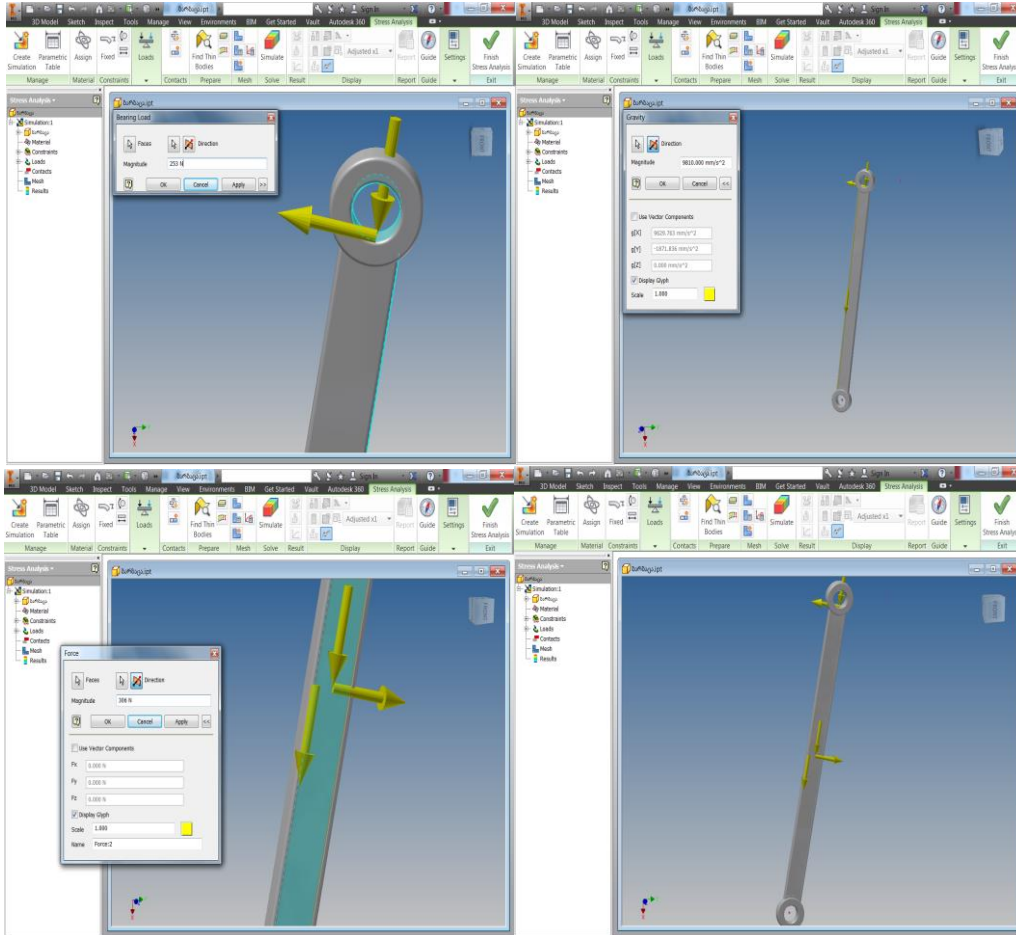
მოვახდინოთ მოდელირების თვისებების რედაქტირება. დაპროექტების მიზნად ავირჩიოთ პარამეტრული ზომა და დავხუროთ ფანჯარა. შემდეგ მოდელირების პანელზე, ბრძანებით “ჩამაგრების დამოკიდებულება” (**Fixed**) მივუთითოთ ჩამაგრების პირობა და მდებარეობის სახით ავირჩიოთ ქვედა სახსარი(სურ. 3). ბრძანებით



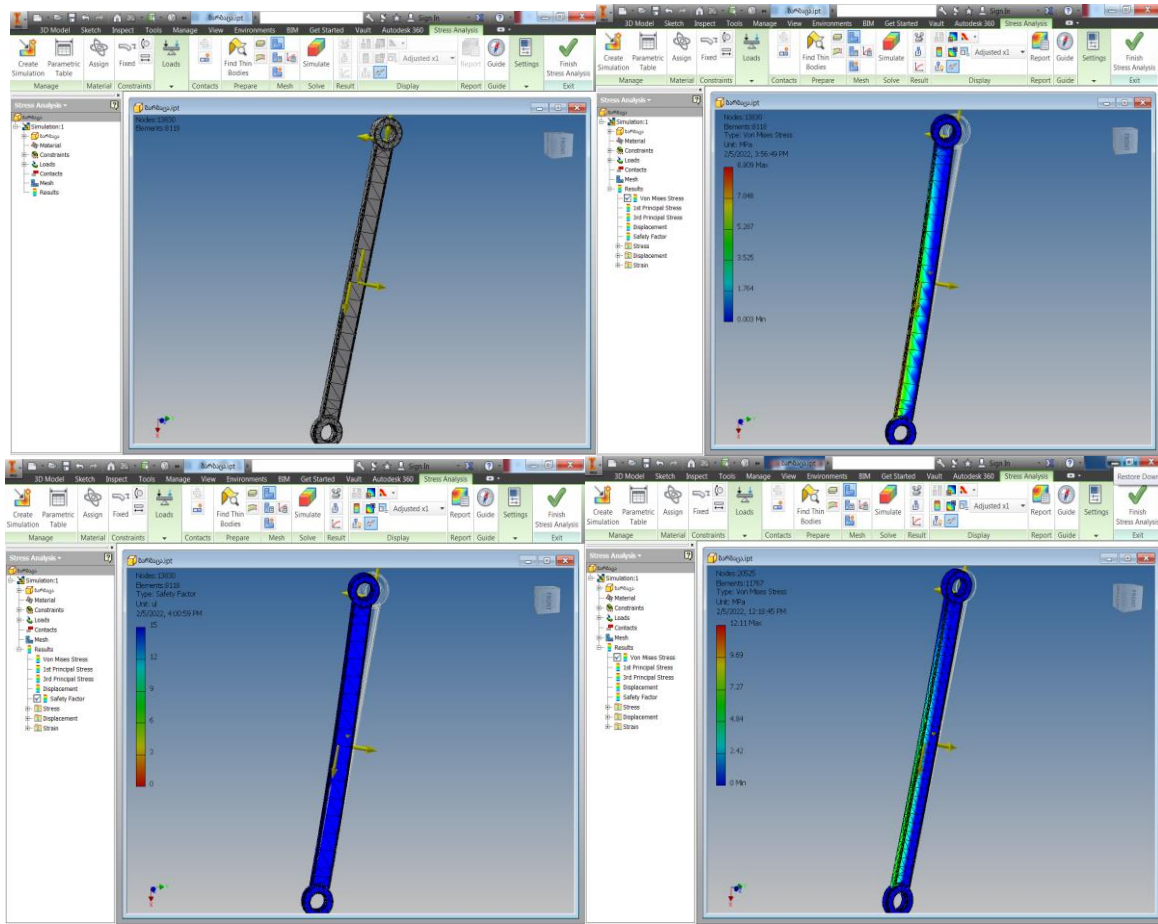
სურ. 3.



„დატვირთვები“ (Loads), ვირჩევთ ზედა სახსარში ძალოვანი კვლევის შედეგად განსაზღვრულ მოქმედ რეაქციის ძალების ნორმალურ და მხებ მდგენელებს:  $R^m = 2263\text{N}$  და  $R^t = 253\text{N}$ . სიმბიომის ცენტრში – წონას  $G = 210\text{N}$  და ინერციის ძალის  $X$  და  $Y$  ღერძებზე გეგმილებს:  $F_{0x} = 2956$  და  $F_{0y} = 3066$ .

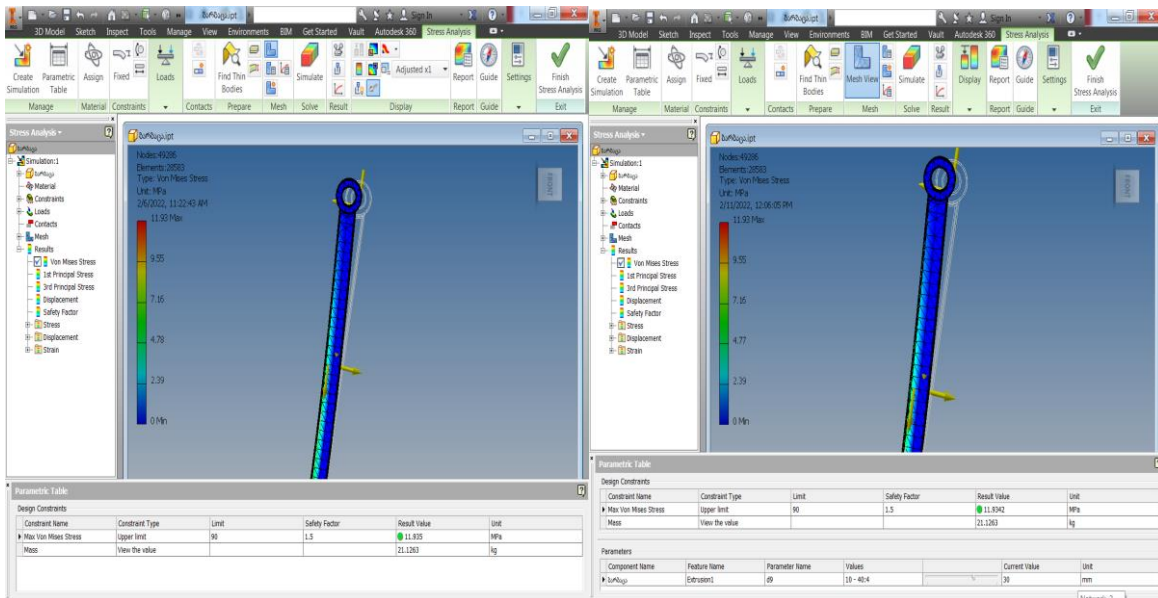


დეტალს ვყოფთ მცირე ელემენტებად. ბადის ზომებს ვიღებთ 0,1, 0,2 კუთხეს-30°. ამის შემდეგ ვასრულებთ მოდელირებას. სამგანზომილებიანი ძაბვები და დატვირთვები წარმოიქმნება სხვადასხვა მიმართულებით. ეს მიმართულებები ჯამდება და წარმოიქმნება ექვივალენტური ძაბვა. ძაბვის შედეგი გამოჩნდება დეტალის სხვადასხვა შეფერილობით. ლურჯი მინიმალურია, წითელი - მაქსიმალური. ანგარიშის შედეგს წარმოადგენს ცხრილები და დიაგრამები, რომელთა საფუძველზე მკვლევარი აკეთებს დასკვნას დეტალის კონკრეტულ ექსპლოატაციის პირობებში გამოყენების შესაძლებლობაზე. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვან მაჩვენებელს წარმოადგენს სიმტკიცის მარაგი, რომელიც მაგალითად ლითონისათვის უნდა იყოს ზღვრებში 1,5-დან 2 ერთეულამდე. როგორც სურათიდან ჩანს მაქსიმალური ძაბვაა 8,8Mpa. ლოკალური ბადის მართვის საშუალებით შევცვალოთ ჩამაგრების ადგილის ბადის ზომები და მივუთითოთ ბადის ზომა 2მმ. კვლავ შევასრულოთ მოდელირება და დავინახავთ, რომ ანგარიში ზუსტდება. გაიზარდა ძაბვა და გახდა 12,11 Mpa. გადამწოდით შესაძლებელია განისაზღვროს ძაბვების კონცენტრაციის ადგილი(სურ. 4).



სურ. 4.

დეტალის სიმტკიცეზე შესამოწმებლად ვხსნით პარამეტრულ ცხრილს.



მაქსიმალური ექვივალენტური ძაბვის ზედა ზღვარი ავიღოთ 90მპა, სიმტკიცის მარაგის კოეფიციენტი - 1,5. რეზულტატის ადგილზე მწვანე წერტილი გვიჩვენებს, რომ

ძაბვის ამ სიდიდეზეც სიმტკიცის პირობა კმაყოფილდება. დავამატოთ კიდევ ერთი პარამეტრი, კერძოდ - ბარბაცის სისქე. ეს პარამეტრი ჩაჯდება ქვედა ცხრილის კომპონენტების დასახელებაში. ამ პარამეტრის ცვალებადობით შეგვიძლია დეტალის ოპტიმალური კონფიგურაციის შერჩევა.

პანელზე ლილაკზე „ანგარიში“(Report) დაჭერით შესაძლებელია ანგარიშის შექმნა ყველა შედეგის მიხედვით. ანგარიშში ნაჩვენებია ყველა მონაცემები: მასალა, დატვირთვები და ანგარიშის ყველა შედეგი.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. Иванов М. Н, Финогенов В. А. - Детали машин. М., Высш. шк., 2008;
2. Буркова С. П. и др. - Компьютерное проектирование. Томск, 2013;
3. Киселевский О. С. - Твердотельное трёхмерное моделирование в Autodesk Inventor. Минск, 2017;
4. Зиновьев Д. В. - Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. Москва, 2017;
5. კ. ილურიძე, თ. კახეთელიძე, მ. ბეგიაშვილი - დეტალების მოდელების აგება და ნახაზების შექმნა Autodesk Inventor სისტემაში, თბილისი, 2019;
6. კ. ილურიძე, თ. კახეთელიძე - კბილანური რედუქტორის დაპროექტება ავტომატიზირებული დაპროექტების სისტემაში Autodesk Inventor, თბილისი, 2020.

## STRENGTH CALCULATION IN THE AUTODESK INVENTOR ENVIRONMENT

**Koba Iluridze, Mzia Begiashvili**

### Abstract

The article discusses the basics of designing and calculating parts for strength in the Autodesk Inventor environment. The model allows us to use the knowledge gained in the theory of mechanisms and machines to speed up the calculation and quickly determine the loads acting on the links during the operation of the mechanism. The tools of the program for assessing strength are described on the example of a connecting rod model of a crank mechanism.

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

**Коба Илуридзе, Мзия Бегиашвили**

### Резюме

В статье рассматриваются основы проектирования и расчета деталей на прочность в среде Autodesk Inventor. Модель позволяет использовать знания, полученные в теории механизмов и машин, ускорять расчет и быстро определять нагрузки, действующие на звеньев, при работе механизма. Инструменты программы для оценки прочности описаны на примере модели шатуна кривошипно ползунного механизма.

უკ 621.5

## სამაცივრე აგრეგატზე მომუშავე ინოვაციური კონსტრუქციის საშრობი მოწყობილობა

ვახტანგი კირთაძე\*, გივი გოლეთიანი\*\*, თამაზ ისაკაძე\*\*\*,

გივი გუგულაშვილი\*\*\*, ზურაბ ლაზარაშვილი\*\*

\*მაგისტრანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*ასოც. პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. № 71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ხილისა და ბოსტნეულის დაკრეფის შემდეგ ადგილი აქვს მნიშვნელოვან სასიცოცხლო პროცესებს: ფიზიკური პროცესები, დაშლის ბიოქიმიური რეაქციები, სუნთქვა. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხილსა და ბოსტნეულში ფიზიკურ ცვლილებებს. მათგან უმთავრესია – ტენის აორთქლება. გამომშრალი ხილი შეიცავს ბალასტურ ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უწყობენ საჭმლის მონელებას. კერძოდ, ისეთ მნიშვნელოვან ხსნად ნივთიერებებს, როგორიც არის პექტინები. მკვლევარები ვარაუდობენ, რომ პექტინს გააჩნია უნარი შეაკავშიროს ორგანიზმში მოხვედრილი მავნე ნივთიერებები, ისეთები როგორცაა ტყვია და დარიშხანი (მძიმე მეტალების მარილები), და გამოდევნოს ისინი ორგანიზმიდან. შრობის პროცესის დროს გამოსაშრობ პროდუქტს სცილდება წყლის დიდი ნაწილი, რის საფუძველზედაც იზრდება მშრალი კომპონენტების კონცენტრაცია და პროდუქტი ხდება ვარგისუნარიანი დიდი ხნით შენახვისათვის. გამომშრალი ხილი მდიდარია ვიტამინებით, სხვადასხვა მიკროელემენტებით და მინერალური ნივთიერებებით, მათში პრაქტიკულად სრულად არის შენარჩუნებული ახალი ხილის მთელი სასარგებლობა.

**საკვანძო სიტყვები:** საშრობი, შრობა, კონსტრუქცია, ხილი, კონცენტრაცია.

### შესავალი

ხილი და ბოსტნეული მნიშვნელოვანი პროდუქტია ადამიანის ორგანიზმის სრულფასოვანი კვებისათვის. ხილი და ბოსტნეული წარმოადგენს მალფუჭებად პროდუქტს, ხოლო მათი შენახვისათვის მოსახლებას არ გააჩნია სათანადო პირობები. ხილი და ბოსტნეული შენახვის პროცესში სუნთქავს, გამოიყოფა ტენი და დიდი რაოდენობით სითბო, რაც იწვევს მნიშვნელოვან ტემპერატურულ მატებას, გარდა ამისა მცირდება პროდუქტის კვებითი ღირებულება, იცვლება გემო, შეფერილობა, გარეგანი სახე, და ადგილი აქვს მნიშვნელოვან დანაკარგებს.

შრობის პროცესი ერთერთი ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესია ნედლეულის ხარისხის შენარჩუნებისათვის, იგი გავლენას ახდენს სუნთქვის პროცესის ინტენსივობაზე, წყლის დანაკარგებზე, ბიოქიმიურ პროცესებზე. შრობის პროცესში ტემპერატურის რეგულირებით შესაძლებელია ვაკონტროლოთ ეგზოგენური და ენდოგენური ფაქტორები. სუნთქვის პროცესი დამოკიდებულია შრობის ტემპერატურულ რეჟიმზე, რაც უფრო ახლოა შრობის ტემპერატურა 0° C მით მეტად მცირდება სუნთქვის ინტენსივობა.

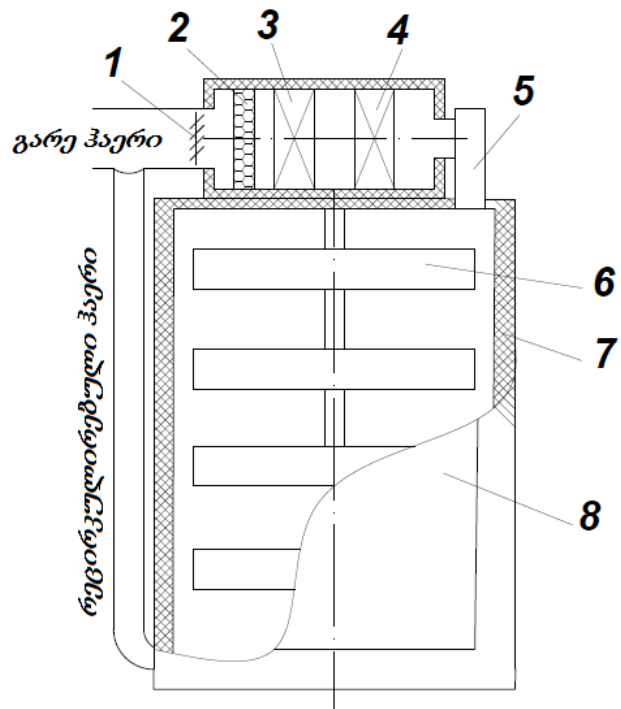
გამომშრალი ხილის მიღება ძალზედ სასარგებლოა გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების მკურნალობისა და პროფილაქტიკის დრო. იგი დიდი რაოდენობით შეიცავს გლუკოზას და ფრუქტოზას, ამავდროულად შაქრის შემცველობა მათში ძალზე დაბალია,

შემოთავაზებული ტექნოლოგიური სქემით გამშრალ პროდუქტს გააჩნია უფრო მაღალი სამომხმარებლო თვისებები ვიდრე სხვა ტიპის შრობით დამზადებულ პროდუქციას.

შრობის წარმოდგენილ ტექნოლოგიის შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის წინასწარი დამუშავება (ბლანშირება, სულფირაცია) არ სჭირდება, შესაბამისად ვიღბთ მაღალი ხარისხის ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციას საღებავების, არომატიზატორების და კონსერვატების გარეშე.

### ძირითადი ნაწილი

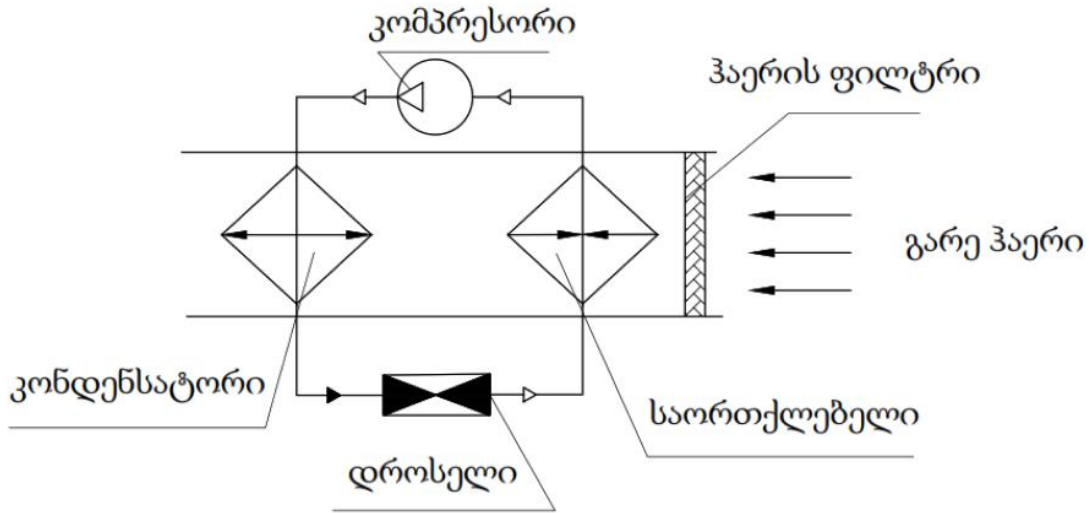
სტატიაში წარმოდგენილია ინოვაციური კონსტრუქციის საშრობი მოწყობილობა, რომელიც მუშაობს სამაცივრო აგრეგატის გამოყენებით. საშრობი დანადგარი გამოსახულია ნახ. 1-ზე. საშრობ კამერას წარმოადგენს თბოიზოლირებული ცილინდრული ფორმის ჭურჭელი (პოზ.7), რომლის თაროებზე (პოზ. 6) იტვირთება გასაშრობი პროდუქტი. მოცემული საშრობის მწარმოებლობაა  $E = 100$  კვ/ დღე-ღამის განმავლობაში. თაროებს ქვეშედად გამოყენებული აქვთ ლითონის ბადეები, რომელთაც შეუძლიათ ზემოდან დაშხეფებული ჰაერის გატარება. ცილინდრული კამერა შეფუთულია ოზონუსაფრთხო თბოიზოლაცია-ციკლოპენტანით. გასაშრობ პროდუქტს დამუშავებული ჰაერი მიეწოდება ცენტრიდანული ვენტილატორით (პოზ. 5).



ნახ. 1. ხილის საშრობი. 1- ჟალუზი, 2 -ჰაერის ფილტრი, 3 - საორთქლებელი, 4 - კონდენსატორი, 5 - ცენტრიდანული ვენტილატორი, 6 - საშრობი პროდუქტის თაროები, 7 - საშრობის თბოიზოლაცია, 8 - საშრობი კამერის კარები.

ჰაერის დამუშავება ხდება კონდიციონერში: გარე ჰაერი, რომელიც ერევა რეცირკულირებულ ჰაერს იფილტრება მექანიკური მინარეგებისაგან ფილტრში (პოზ. 2) და მიეწოდება კონდიციონერის საორთქლებელს (პოზ.3). რადგანაც მაცივარაგენტის დუდილის ტემპერატურა (+5°C) ნაკლებია პროდუქტზე მიწოდებულ ჰაერის სველი თერმომეტრის ტემპერატურაზე ( $t_{სვ,ტ} = 17^{\circ}\text{C}$ ) ადგილი ექნება ჰაერის გაცივებას და გაშრობას. ამის შემდეგ კი

საჭიროა ცივი და გამომშრალი ჰაერი გავატობთ. ამ შემთხვევაში ჰაერგამახურებლის როლს კონდიციონერის კონდენსატორი (პოზ. 4).



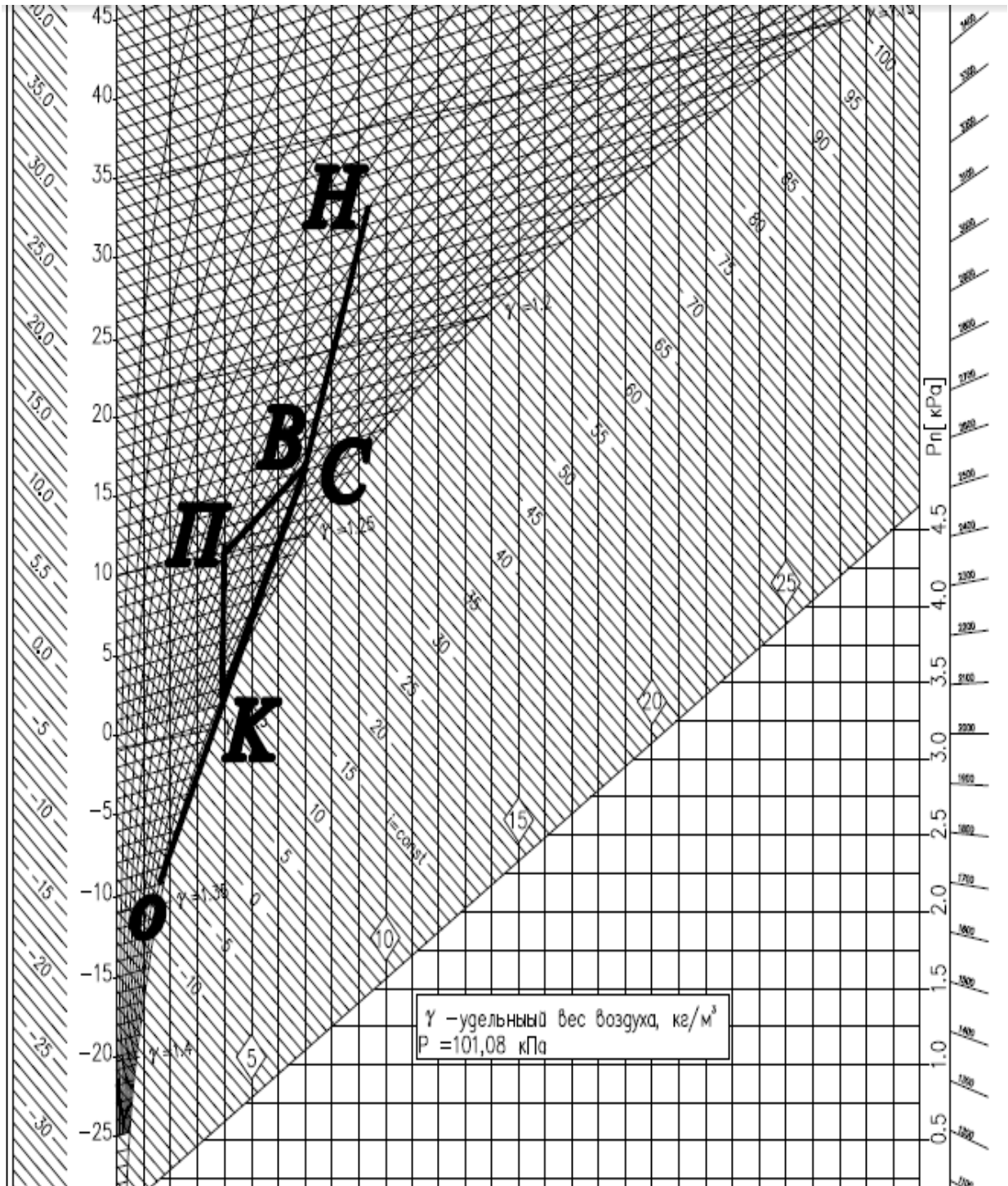
ნახ. 2. ინოვაციური კონსტრუქციის სამაცივრო დანადგარის პრინციპული სქემა.

I-D დიაგრამაზე გამოვსახოთ ჰაერის დამუშავების პროცესი და ამისათვის დავიტანოთ II წერტილი, რომელიც შეესაბამება შიგა ჰაერის პარამეტრებს:  $t_{\text{შ}} = 12^{\circ}\text{C}$  და  $\varphi_{\text{შ}} = 75\%$ . ასევე დავიტანოთ H წერტილი, რომელიც ასახავს გარე ჰაერის პარამეტრებს  $t_{\text{გ}} = 28^{\circ}\text{C}$   $\varphi_{\text{გ}} = 40\%$ . II წერტილზე გავატაროთ  $\varepsilon = 2880$  კჯ/კგ წირი. მიცვით შენობასა და მომდენ ჰაერს შორის ტემპერატურათა სხვაობა  $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$  მაშინ მომდენი ჰაერის ტემპერატურა ტოლი იქნება  $t_B = 12 - 2 = 10^{\circ}\text{C}$ .  $t_B = 10^{\circ}\text{C}$  იზოთერმის გადაკვეთა  $\varepsilon$  წირთან გვამღევს B წერტილს, რომელიც შეესაბამება მომდენი ჰაერის პარამეტრებს. B წერტილიდან ვატარებთ ვერტიკალურად ქვემოთ წირს  $\varphi = 95\%$  წირის გადაკვეთამდე. გადაკვეთის წერტილი ავღნიშნოთ K-თი.

### დასკვნა

ინოვაციური კონსტრუქციის საშრობს გააჩნია შემდეგი უპირატესობები:

- \* აღარ არის არომატოზატორების, კონსერვანტებისა და საღებავების საჭიროება;
- \* ფორმის, გემოს, ფერისა და ძირითადი ძვირფასი ბიოლოგიური ნივთიერებების შენარჩუნება;
- \* მაქსიმალური მოცულობის შემცირება და პროდუქტების პირვანდელი მდგომარეობის სწრაფი აღდგენა;
- \* ტრანსპორტირებაზე დანახარჯების შემცირება პროდუქტის წონის 80-90% ხარჯზე;
- \* პროდუქტის საბოლოო ტენიანობა 2-5%;
- \* შენახვის დასაშვები ვადა 5 წლამდე.



ნახ. 3. ჰაერის დამუშავების პროცესი I-D დიაგრამაზე.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. თ. მეგრელიძე, ზ. ჯაფარიძე, გ. ბერუაშვილი, ი. ფოჩხიძე, გ. გოლეტიანი, გ. კვირიკაშვილი, გ. გუგულაშვილი - მაცივარი მანქანების თბური გაანგარიშება, თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007 წ., 97 გვ.;

2. თ. მეგრელიძე, ზ. ჯაფარიძე, გ. გუგულაშვილი, გ. გოლეტიანი, გ. კვიციანი, ა. ტყეშელაშვილი, ზ. ოშიაძე - მაცივარი მანქანების თბოგადამცემი აპარატები, თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007 წ., 124 გვ.;
3. თ. მეგრელიძე, ზ. ჯაფარიძე, გ. გუგულაშვილი, გ. გოლეტიანი, ა. ტყეშელაშვილი, გ. კვიციანი, ზ. ოშიაძე - სამაცივრო ტექნიკა (საყოფაცხოვრებო მაცივრები), თბილისი, 2008 წ., 144 გვ.;
4. თ. მეგრელიძე, ზ. ჯაფარიძე, ს. სულაძე, გ. გუგულაშვილი, გ. გოლეტიანი, ა. ტყეშელაშვილი, გ. კვიციანი, ზ. ოშიაძე - მაცივარი მანქანები (დგუმიანი კომპრესორები), თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009 წ., 121 გვ.

**A drying device of innovative design working on a refrigeration unit  
Vakhtangi Kirtadze, Givi Goletiani, Tamaz Isakadze, Givi Gugulashvili,  
Zurab Iazarashvili**

**Abstract**

After harvesting fruits and vegetables, important life processes take place: physical processes, biochemical decomposition reactions, respiration. Great importance is attached to the physical changes of fruits and vegetables. The most important of these is the evaporation of moisture. Dried fruits contain ballast substances that promote digestion. In particular, such important soluble substances as pectins. Researchers suggest that pectin has the ability to bind harmful substances in the body, such as lead and arsenic (heavy metal salts), and remove them from the body. During the drying process, most of the water is removed from the product, which increases the concentration of dry components and the product becomes suitable for long-term storage. Dried fruits are rich in vitamins, various trace elements and minerals, they almost completely retain all the benefits of fresh fruits.

**Сушильный аппарат инновационной конструкции, работающий  
на холодильной агрегате  
Вахтанги Киртадзе, Гиви Голетиани, Тамаз Исакадзе, Гиви Гугулашвили,  
Зураб Лазарашвили**

**Резюме**

После сбора плодов и овощей происходят важные жизненные процессы: физические процессы, реакции биохимического разложения, дыхание. Большое значение придается физическим изменениям фруктов и овощей. Важнейшим из них является испарение влаги. Сухофрукты содержат балластные вещества, способствующие пищеварению. В частности, такие важные растворимые вещества, как пектины. Исследователи предполагают, что пектин обладает способностью связывать в организме вредные вещества, такие как свинец и мышьяк (соли тяжелых металлов), и выводить их из организма. В процессе сушки из продукта удаляется большая часть воды, что увеличивает концентрацию сухих компонентов и продукт становится пригодным для длительного хранения. Сухофрукты богаты витаминами, различными микроэлементами и минералами, они практически полностью сохраняют всю пользу свежих фруктов.



უკ 655.1

## ჩაჩის დასამზადებელი მოწყობილობის წარმადობის გაზრდის ეფექტური გზების ძიება

თეა ბარამაშვილი\*, მალხაზ ცუცქირიძე\*\*

\* პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\* დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ჩაჩის დასამზადებელი მოწყობილობის დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა, წარმადობის გაზრდის გზები. პროდუქციის შეფუთვის, გაფორმების და ეტიკეტირების თანამედროვე მიდგომების თვალსაზრისით სხვადასხვა ტევადობის ტარისათვის დამცავი ჩაჩის გამოყენება წარმოადგენს, ზოგ შემთხვევაში ტექნოლოგიურ მოთხოვნებს, რომელიც განისაზღვრება დარგობრივი აქტებით და დადგენილებებით, ზოგჯერ კი პროდუქციის დიზაინური გაფორმების მნიშვნელოვანი ატრიბუტია. ტექნიკური თვალსაზრისით ის ასრულებს ერთგვარ ლუქის ფუნქციას, რომლის დაზიანების გარეშე შეუძლებელია პროდუქტთან წვდომა და ამგვარად მწარმოებელი ახდენს საკუთარი პროდუქციის დაცვას. აგრეთვე, ჩაჩი ეფექტურად გამოიყენება პროდუქციის დიზაინის გასაფორმებლად შესაბამისი: ფერის, ლოგოტიპის, პერფორაციის და სხვა საშუალებებით. ამგვარად, ჩაჩი ეტიკეტის მსგავსად პროდუქტს ანიჭებს განსაკუთრებულ იერსახეს და წარმოადგენს ფალსიფიცირებისაგან დამატებით დამცავ საშუალებას.

**საკვანძო სიტყვები:** ჩაჩი, პირველი ტიპის ჩაჩის დასამზადებელი დანადგარი, მუშტა მექანიზმი, ენკოდერი, ტაქტური რეჟიმი, ტექნოლოგიური სქემა, კინემატიკური ციკლის დრო, სასარგებლო მუშაობა.

### შესავალი

მანქანა-აპარატების კლასიფიკაციის მიხედვით ჩაჩის მანქანები განეკუთვნება მეორე კლასის მანქანებს. ასეთ მანქანებში ობიექტი (ჩაჩის ნამზადი) სპეციალური მოწყობილობებით პერიოდულად გადაადგილდება ერთი პოზიციიდან, მეორე პოზიციაზე, შემდეგ მესამეზე და ა.შ. ვიდრე არ შესრულდება ყველა ოპერაცია.



ნახ. 1.

საწარმოო პროცესის ტექნოლოგიური ნაკადი შედგება სხვადასხვა ოპერაციებისაგან, რომელთაც ცალკეული მოწყობილობები ანხორციელებენ.

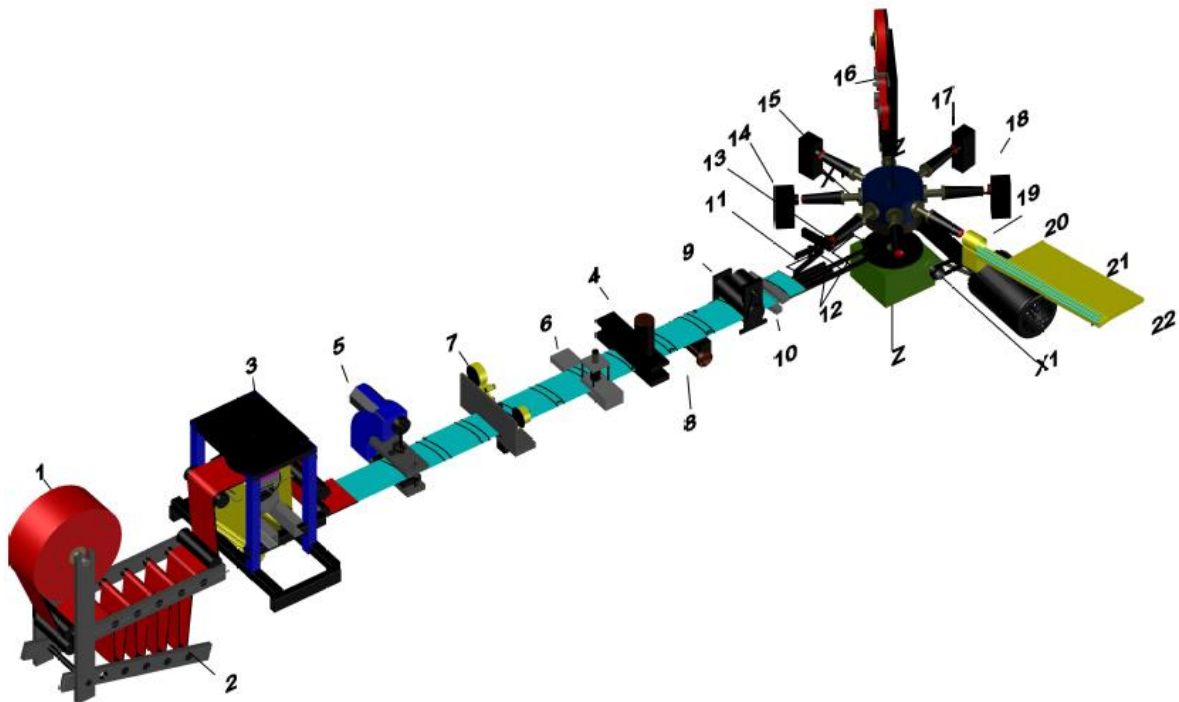
ჩაჩის დამამზადებელი დანადგარის მუშაობის დინამიკა შემდგომში მდგომარეობს:

- რულონიდან ლენტის მორღვევა ხორციელდება უწყვეტად, მანქანის სხვა მექანიზმების ტაქტურ რეჟიმებთან სინქრონიზებული სიჩქარით. სინქრონიზაციას უზრუნველყოფს ელექტრონული კონტროლი წრფივი მახასიათებლით. იგულისხმება რომ, რაც მეტია მანქანის მუშაობის სისწრაფე, მით მაღალი სიჩქარით ხდება მასალის მორღვევა და მიწოდება მომდევნო ოპერაციებზე.
- მანქანის სხვა დანარჩენი მექანიზმები მუშაობენ ტაქტურ რეჟიმში. სამუშაო ტაქტს იძლევა კამ-ინდექსერის (იხ. პოზ. 2, ნახ. 4) შემავალი ღერძის ბრუნვი.

### ძირითადი ნაწილი

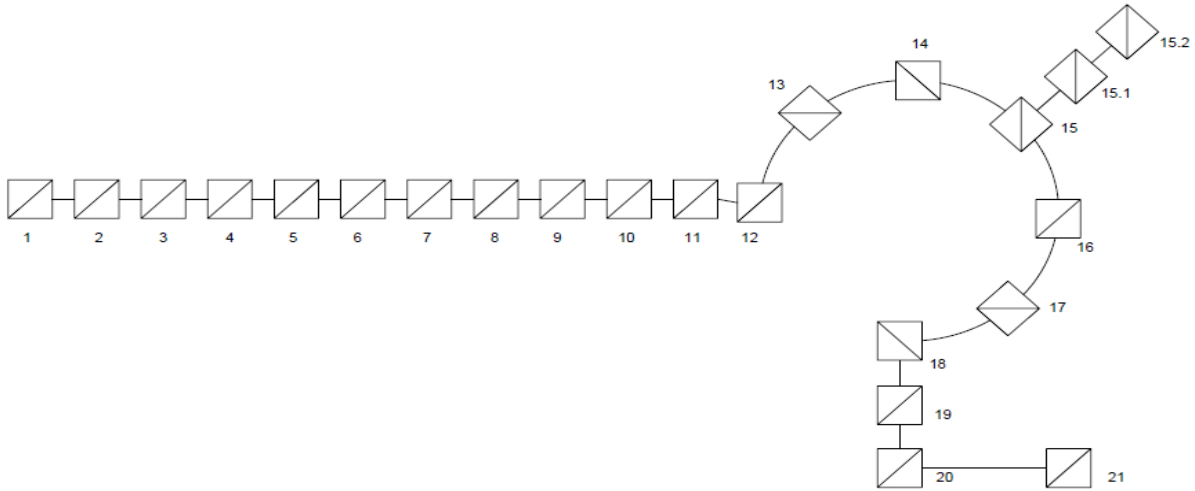
მანქანის მუშაობის ტაქტს იძლევა კამ-ინდექსერი, რომელიც უზრუნველყოფს მბრუნავი დოლურის პოზიციურ შემობრუნებას. ინდექსერის შემავალი ღერძის ერთი სრული ბრუნით შემობრუნება, გამოსავალზე იწვევს მბრუნავი დოლურის  $45^\circ$ -ით, წრის  $1/8$ -ით შემობრუნებას.

შემავალი ღერძის ბრუნის  $1/4$ ,  $90^\circ$  გრადუსი არის მუშა სვლა. ამ დროში მბრუნავი დოლურა შემობრუნდება  $45^\circ$  გრადუსით, რითაც ხდება პუანსონის მეზობელ პოზიციაზე გადასვლა. შემავალი ღერძის შემდგომი  $3/4$ -ით, შესაბამისად  $270^\circ$  გრადუსით მობრუნება არის უქმი სვლა და ამ დროის განმავლობაში მბრუნავი დოლურა ფიქსირებულ მდგომარეობაშია. სწორედ ამ პოზიციაში სრულდება ოპერაციები.



ნახ. 2. ჩაჩის დასამზადებელი დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა, ქვესისტემების განლაგება სამ განზომილებაში

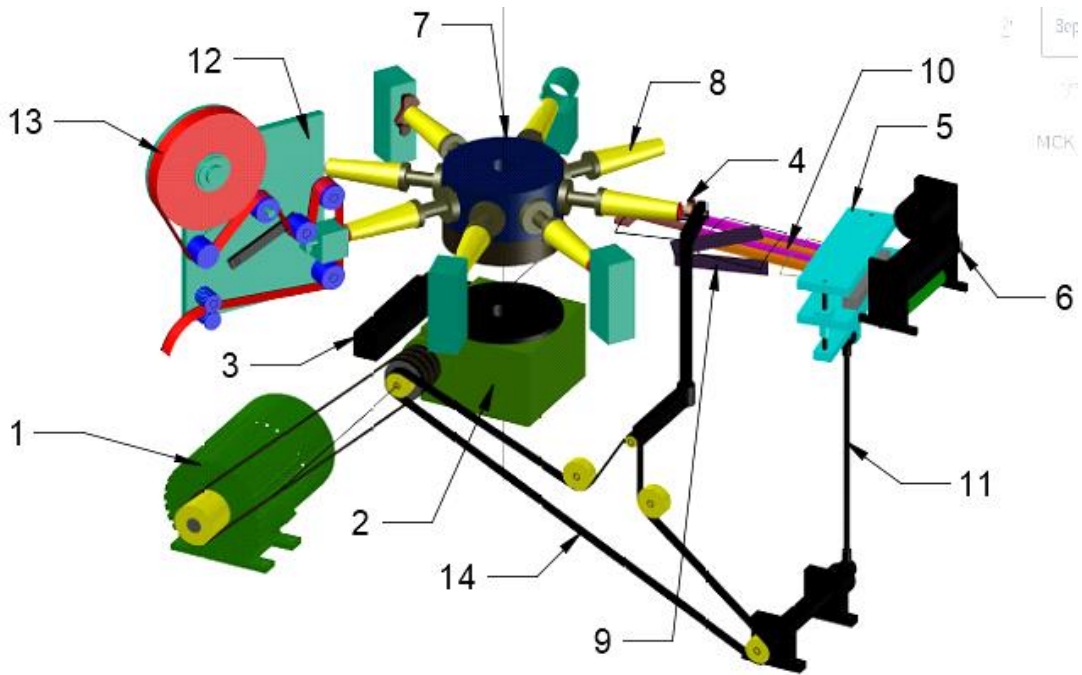
ტექნოლოგიური ნაკადის საწარმოო პროცესი შედგება სხვადასხვა ოპერაციებისაგან, რომელთაც ცალკეული მოწყობილობები ანხორციელებენ.



ნახ. 3. ჩაჩის დასამზადებელი დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა.

1. ნედლეულის - მასალის მიწოდება რულონის სახით;
2. მასალის მორღვევა და მიწოდება;
3. მასალაზე თერმული ბეჭდვა;
4. წებოს მიწოდება შესაწებებელ ზოლზე;
5. ასახევი ზოლის პერფორაცია;
6. ასახევი ზოლის საწყისი ყურის ამოტვიფრვა;
7. ასახევი ზოლის მინიშნების თერმული ბეჭდვა;
8. დისტანციური ნიშნულის მეთვალყურე კვანძი;
9. ფიქსირებული ზომით მასალის მიწოდება მთავარ ტვიფრზე, სერვო ამძრავის საშუალებით;
10. ნამზადის კვეთა, მთავარი ტვიფრით;
11. გვერდითი დანით ნამზადის გვერდითი სეგმენტის ჩამოჭრა;
12. ნამზადის გადაწოდება ვერტიკალურ გადაწოდზე და პუანსონზე განსაზღვრული კუთხით მიწოდება;
13. დამხვევი თითის მეშვეობით ნამზადის პუანსონზე ფორმირება;
14. ნამზადის თავის ფორმირება I პოზიცია, შეწებების ზოლის დაფიქსირება;
15. ნამზადის თავის ფორმირება II პოზიცია;
16. ნამზადზე ტოპ დისკის მიწოდება;
17. ტოპ დისკის თერმული დაწებება;
18. დისტანციური ზოლების ფორმირება;
19. ჩაჩის მოხსნა და კალათაში შეგდება;
20. კალათაში ჩაჩების დათვლა და ერთმანეთში ჩალაგება;
21. დათვლილი ჩაჩის შეკვრის დასაგროვებელ მაგიდაზე მიწოდება.

აღნიშნულ სქემაში განმარტებას საჭიროებს მე-3, მე-7 და მე-15 პოზიციები. მესამე და მეშვიდე პოზიციაზე პერიოდულად ხდება თერმული მიწნეხვის კილიტის მიწოდება, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება დასახელების, ლოგოტიპის და ასახევი ზოლის მიმანიშნებელი ნიშნის თერმული ბეჭდვა. მეთხუთმეტე პოზიციაზე პერიოდულად ხორციელდება ტოპდისკის ცალმხრივად თერმული ლაკით დაფარული ალუმინის და თერმული მიწნეხვის ფოლგის მიწოდება.



ნახ. 4. მბრუნავი ექვსისტემა - დოლურა

1-ძრავი; 2-კამ ინდექსერი; 3-მუშტა მექანიზმები და ენკოდერი; 4-დამხვევი თითი; 5-ტვიფრი; 6-სერვო ამძრავიანი მიწოდების მექანიზმი; 7-მბრუნავი დოლურა; 8-კონუსური პუნსონი; 9-გვერდითი დანა; 10-ჰორიზონტალური გადამწოდი მაგიდა; 11-ბურთულა სახსრული ბერკეტი; 12-ტოპ დისკის ამოსაჭრელი მექანიზმი; 13-ტოპ დისკის მასალა (ალუმინის კილიტა)

ტაქტის ათვლა ხორციელდება კამ-ინდექსერის შემავალ ღერძთან 1:1-ზე გადაცემით დაკავშირებული მუშტა მექანიზმებისა და ენკოდერის მეშვეობით (იხ. პოზ. 3, ნახ. 4). კინემატიკური ციკლის დრო  $T_{კინ.}$

$$T_{კინ.} = T_{მობრ.} + T_{დგ.} \quad (1)$$

ადაც  $T_{მობრ.}$  მბრუნავი დოლურის ერთ პოზიციაზე მობრუნების დროა.  $T_{დგ.}$  კი მბრუნავი დოლურის დგომის ხანგრძლივობაა. დგომის დროში ხდება მუშა ოპერაციების შესრულება. ამიტომ სიჩქარე ისე უნდა შეირჩეს, რომ დგომის დრო იყოს არანაკლებ  $t_{მაქს.}$ -ზე.

$t_{მაქს.}$ -ყველაზე ხანგრძლივი ოპერაციის შესრულების დროზე. ასეთ შემთხვევაში მანქანის მინიმალური შესაძლო სამუშაო ციკლი  $T_{მინ.ს.ც.}$

$$T_{მინ.ს.ც.} = t_{მაქს.} + T_{მობრ.} \quad (2)$$

თანამედროვე ბაზრის მოთხოვნებით მაღალი კონკურენციის პირობებში მანქანა-მოწყობილობებისაგან უმაღლესი ხარისხის პროდუქციის მიღებასთან ერთად გლობალურ ბაზარზე ადგილის დასამკვიდრებლად აუცილებელია მათი მაქსიმალურად ეფექტურობა და მაქსიმალურად მაღალი წარმადობის მიღწევა. ამ ამოცანების გადასაჭრელად სამეცნიერო ტექნიკური ინფორმაციული მასალების გამოყენებით ვიკვლევთ, როგორც უკვე არსებულ გამოცდილებებს, ასევე ვეძებთ ახალ გზებს და მიდგომებს.

### დასკვნა

ამოცანა დაიყვანება, ოპერაციულ სქემაში იმ უზნების, პოზიციების გამოვლენაზე, რომლებზედაც ოპერაციების შესრულების ყველაზე დიდი დროის მონაკვეთი მოდის ( $t_{მაქს.}$ ) და არის თუ არა შესაძლებელი ამ პოზიციებზე შესასრულებელი სამუშაოების კიდევ

ცალკეულ ოპერაციებად დაყოფა. თუ ამ პოზიციებზე ოპერაციული დაყოფა შეუძლებელია სივრცის არ არსებობით, ტექნიკური მოთხოვნებით ან სხვა მიზეზით ამ შემთხვევაში სწორედ ეს უბნები და პოზიციები, ოპერაციებით, რომლებიც მათზე ხორციელდება, საჭიროებენ დამატებით კვლევას შემსრულებელი მექანიზმების უფრო ეფექტური მოწყობილობებით ჩანაცვლების ან ახალი ტექნიკური გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. B. Bender and K. Gericke, Eds., Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung, 9th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2021. [Online]. Available: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1866059>;
2. W. Skolaut, Ed., Maschinenbau: Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium, 2nd ed. Berlin: Springer Vieweg, 2018;
3. R. Mahnken, Lehrbuch der Technischen Mechanik - Dynamik: Eine anschauliche Einführung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. [Online]. Available: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-15207664>;
4. Фролов, К.В. Теория механизмов и механика машин : учебник для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов и др. ; под ред. К.В. Фролова. – М. : Высш. шк., 2005. – 496 с.;
5. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов / И.И. Артоболевский. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Наука, 1988. – 640 с.

### **Finding effective ways to increase the productivity of caps making equipment** **Tea Baramashvili , Malkhaz Tsutskiridze** **Abstract**

In the article is considered the technological scheme of the device for making cap, ways to increase productivity. The task is to identify those sections and positions in the operational scheme that account for the largest period of time for the execution of operations, and whether it is possible to divide the work to be performed on these positions into separate operations. If operational separation at these positions is not possible due to lack of space, technical requirements or other reasons, then in this case these areas and positions with operations performed on them require additional research in order to replace actuators with more efficient devices or adopt new technical solutions.

### **ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ** **ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ** **ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛПАКА** **Tea Baramashvili, Malkhaz Tsutskiridze** **Резюме**

В статье рассматривается технологическая схема устройства для изготовления колпака, пути повышения производительности. В условиях современных подходов к упаковке, декорированию и маркировке продукции использование защитного мешка для переноски различной емкости является в ряде случаев технологическими требованиями, определяемыми отраслевыми актами и нормативными актами, а иногда важным атрибутом дизайнерского оформления продукции. продукты. С технической точки зрения он выполняет функцию своеобразной пломбы, не повредив которую, невозможно получить доступ к изделию, и таким образом производитель защищает собственную продукцию. Также колпак эффективно используют для украшения дизайна изделий соответствующими: цветом, логотипом, перфорацией и другими средствами. Таким образом, колпак, как и этикетка, придает изделию особый вид и является дополнительной защитой от подделок.

## თექის დამზადების ტრადიციული ტექნოლოგია და თანამედროვეობა

ლია ლურსმანაშვილი\*, ნია ნათბილაძე\*, ოლიკო რუხაძე\*\*

\* პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\* დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში გადმოცემულია თექის მოთელების როგორც ტრადიციული ტექნიკა, ასევე ახალი ტექნოლოგიები, რამაც საგრძნობლად გაამდიდრა და გააფართოვა თექის გამოყენების არეალი. განხილულია თექის მახასიათებლები და შემადგენლობის მიხედვით თექის სხვადასხვა სახეობები. ყურადღებაა გამახვილებული თექის დამზადების სამ - ბრტყელ, უნაკერო და მოცულობით ტექნოლოგიაზე. სტატიაში აღწერილია მოქნილი ელემენტების დამზადება და გამშლელი მოწყობილობა, რომელთა დანიშნულებაა წარმადობის ამაღლებისა და დახვევის ტექნოლოგიის გამარტივება. ნაშრომში გაანალიზებული ტექნოლოგიებიდან გამომდინარეა, რომ თექის წარმოების ახალი ტექნოლოგიები განაპირობებს სამეცნიერო მიმართულების შემუშავების საჭიროებას, რომელიც დაკავშირებულია თანამედროვე თექის თვისებების შესწავლასთან.

**საკვანძო სიტყვები:** ტექნოლოგია, თექა, მახასიათებელი, მოთელება, ტექნიკა.

### შესავალი

სამრეწველო რევოლუციის დასაწყისიდანვე, ტექსტილის მასალების წარმოების ტექნოლოგიამ მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა ტანსაცმლის დიზაინის მეთოდებსა და დამუშავების ტექნოლოგიაზე. იმ დროიდან, როდესაც ქსოვილი გახდა მოდის სრულფასოვანი ნაწილი, სულ უფრო მეტად იცვლება არა მხოლოდ ესთეტიკური მაჩვენებლები, როგორცაა ფერი და ტექსტურა, არამედ მისი დიზაინი და ტექნოლოგიური მახასიათებლები. მნიშვნელოვანია ტექსტილის მასალების შექმნის ტრადიციული ტექნოლოგიების ინტეგრირების შესაძლებლობის შესწავლა, მათი ინოვაციური, სამეცნიერო და ტექნიკური განვითარებისა და ტანსაცმლის დიზაინსა და წარმოებაში გამოყენების მიზნით. თანამედროვე პირობებში მსუბუქი მრეწველობის დარგში ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალურ და თანამედროვე მასალად აღიარებულია თექა, რომელიც იდეალურად ჯდება ნებისმიერ გარემოში. აღსანიშნავია, რომ ის ეკოლოგიურად სუფთა, მარტივი, პლასტიკური, მრავალფუნქციური მასალაა. საუკუნეების განმავლობაში გამონაცადი და ძველი სამყაროსათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი თექის დამზადების ტექნოლოგია სამართლიანად ითვლება გამოყენებითი ხელოვნების დარგად, რომელსაც აქვს შესრულების ტექნიკის ფართო არეალი და განვითარების იმედის მომცემი პერსპექტივა. თანამედროვე თექის მოთელების ტექნოლოგია ეფუძნება მიღებულ გამოცდილებას და აქტიურად იყენებს მრავალი თაობის შემოქმედებით მიღწევებს.

### ძირითადი ნაწილი

თექა ელასტიური მასალაა, იგი საშუალებას იძლევა შეიქმნას სხვადასხვა სახეობის ნაკეთობები, მათ შორის, მოცულობითი ნივთები, ქსოვილების გაფორმება, სათამაშოები, მძივები, ხალიჩები და პანელები. შესაძლებელია ძველი ნივთების განახლება შალის ნიმუშით ან მოცულობითი თექის დეკორაციით.

თეჯა დიდი ხანია საუკეთესო მასალაა მინიატურულ სათამაშოებისა და დეკორაციების შესაქმნელად.

თეჯის მახასიათებლებიდან აუცილებელია გამოვყოთ:

➤ **ეკოლოგიურობა** - ეს არის სრულიად ეკოლოგიურად სუფთა მასალა, რომელიც არ შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს. გარდა ამისა, მას შეუძლია ნაწილობრივ შთანთქმას და გაანეიტრალოს ფორმალდეჰიდის ორთქლი, რაც მას შეუცვლელ საიზოლაციო მასალად აქცევს საცხოვრებელი სახლების მშენებლობაში;

➤ **თბოგამტარობა** - ცხვრის მატყლს აქვს შესანიშნავი თბოიზოლაციის თვისებები და თეჯა, რომელიც შედგება დიდი რაოდენობით მჭიდროდ შერწყმული მატყლის ბოჭკოებისგან, არის განსაკუთრებული თერმული იზოლატორი. ის შესანიშნავად შთანთქმავს ტენიანობას და შლის მას, ამიტომ სახლი, სადაც მას იყენებენ გამათბობლად, არასოდეს იქნება ზედმეტად ნესტიანი. თეჯის ყელიანი ფეხსამოსი ზამთრის ყველაზე თბილი ფეხსაცმელია, რომელიც ტერფს იცავს მოყინვისა და სისველისაგან;

➤ **ანტიბაქტერიულობა** - პათოგენური მიკრობები და ობის არ მრავლდება თეჯის ქსოვილში;

➤ **სიმსუბუქე** - ყველა ზემოთ მოყვანილი საუკეთესო ტექნიკური მახასიათებლებთან ერთად, ეს მასალა ძალიან მსუბუქია;

➤ **ცვეთამედეგობა** - იგი მდგრადია აბრაზის მიმართ და არ კარგავს თავის თვისებებს საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში.

შემადგენლობის მიხედვით თეჯის სხვადასხვა ტიპები არსებობს, ესენია:

1. **ბუნებრივი**, რომლის შემადგენლობაშიც გამოიყენება ცხვრის ან თხის თმა, ასევე შესაძლებელია ბამბის დამატება დადებითი მახასიათებლების რაოდენობის გასაზრდელად. იგი გამოიყენება ტანსაცმლისა და ნემსის თეჯის წარმოებისთვის.

2. **ხელოვნური**. მის შესაქმნელად გამოიყენება პოლიპროპილენის ბოჭკოები. ასეთი თეჯა არ გამოიყენება სატანსაცმლე მასალად, იგი გამოიყენება ტექნიკური მიზნებისთვის - სახლის დათბობისათვის, ხმის იზოლაციისათვის და ა.შ.

3. **შერეული**. სხვაგვარად ასეთი თეჯა ცნობილია, როგორც თერმოქსოვილი ან თერმო-ფორმირებული თეჯა. ეს არის ბუნებრივი და სინთეზური ბოჭკოების კომბინაცია, რომელთა თერმული დამუშავების გზით მიიღება ერთი მთლიანი მასა.

*ცხრილი NI*

უპირატესობები	ნაკლოვანებები
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ეკოლოგიურად სუფთა და ჰიპოალერგიულია, რადგან დამზადებულია ბუნებრივი მასალისგან;</li> <li>• ხასიათდება მაღალი თბოდაცავი თვისებებით. გამოიყენება ზამთრის ტანსაცმლის დასამზადებლად და სახლების გასათბობად.</li> <li>• ანტიბაქტერიულია. მატყლს აქვს ბუნებრივი გაჟღენთვის უნარი, რომელიც ხელს უშლის ობისა და მწერების გაჩენას.</li> <li>• წონის სიმცირე (მსუბუქი)</li> <li>• ;ცვეთამედეგობა, ის არ იცვითება და არ იშლება დიდი ხნის განმავლობაში.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• არ იჭიმება.</li> <li>• ახასიათებს შეკლება. მისგან დამზადებული ნაწარმი შეიძლება მნიშვნელოვნად შემცირდეს ზომებში გარეცხვის შემდეგ. თუმცა, ცივ წყალში რეცხვას შეუძლია შეკუმშვის თავიდან აცილება.</li> <li>• ნატურალური მასალა, განსაკუთრებით მატყლი, ყურადღებიან მოპყრობას მოითხოვს.</li> </ul>

მოთელვის ტექნოლოგიის საფუძველი არის თეჯის წარმოების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა, მასალა მიიღება ბოჭკოების გადაბმისა და შეჭიდების გზით. მატყლის ბოჭკოს ქერცლოვანი ფენა ორთქლის ან ცხელი წყლის, მჟავა ან ტუტე ხსნარების მოქმედების შედეგად, უზრუნველყოფს ბოჭკოების ერთმანეთთან ჩაჭიდებასა და

შეკუმშვას და ბოჭკოებს შორის სიმტკიცეს. მოთელვის პროცესის შედეგად მიღებული პროდუქტი მცირდება ზომად, მაგრამ იზრდება პროდუქტის სიმტკიცე და სიმკვრივე. თექის შეკუმშვა მერყეობს 30-80%-მდე, სიმკვრივეს აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობა - 0,55 გ/სმ<sup>3</sup>. სიმკვრივის მატებასთან ერთად საყურადღებოა, არ მოხდეს ბოჭკოების გადაჭარბებული დაწნევა, რომ არ დაზიანდეს პროდუქცია. თექას, როგორც მასალას, რა თქმა უნდა გააჩნია უპირატესობებიც და ნაკლოვანებები. ცხრილში N1 მოცემულია აღნიშნული მახასიათებლების ჩამონათვალი.

დღეისათვის თექის შექმნის რამდენიმე ხერხი არსებობს. სწორედ სხვადასხვა ტექნიკის დახმარებით შესაძლებელია განსხვავებული და უნიკალური პროდუქციის დამზადება. მათგან ყველაზე გავრცელებულია თექის დამზადების სამი სახის ტექნოლოგია:

1. **ბრტყელი** ტექნოლოგია გამოიყენება ხალიჩების, პანელების, იურტის მასალის, საბნების დასამზადებლად;

2. **უნაკერო** მეთოდი გულისხმობს ტანსაცმლის დეტალების მუყაოს თარგებზე ვარცხნითი მატყლის დაფენას და თელვის პროცესს.

3. **მოცულობითი** ტექნოლოგიის საშუალებით შესაძლებელია სფერული ობიექტების (ბურთები, ხილის მოდელები, სათამაშოები) დამზადება.

განასხვავებენ თექის დამზადების შემდეგ ტექნიკებს: თექის მოზაიკური ტექნიკა; „გამოსახულების“ ტექნიკა; თექის აპლიკაციის ტექნიკა; ჩასმული თექის ტექნიკა; ნახაზის ძირის გარეშე გაყვანის ტექნიკა; უქსოვი გობელენის ტექნიკა; თექის კომბინირებული (შერეული) ტექნიკა.

თექის მიღების ტრადიციული გზაა სველი მოთელვის მეთოდი. სახლის პირობებში თექის მოთელვის პროცესი ძალიან მარტივია. ხელსაქმის მრავალი სხვა სახისგან განსხვავებით, თექის მიღება არ არის ზუსტად პროგნოზირებადი პროცესი. ნამუშევრის დიდი ნაწილი ეფუძნება „შეგრძნებებს“ და არა რაიმე დადგენილ წესებს. ბევრი სპეციალისტი იგონებს თექის მიღების საკუთარ მეთოდებს და ადაპტირებს უკვე ნაცად მეთოდებთან. იმისათვის, რომ თექა მოითელოს სველი მეთოდით, არ არის საჭირო სპეციალური მოწყობილობები. სველი თექის საიდუმლო არის წყლის საპნის ხსნარის გამოყენება, რომელიც ამცირებს ბოჭკოებს შორის ხახუნს, რაც ხელს უწყობს მათ ურთიერთქმედებას და ერთმანეთთან შერევას.

სველი თექის ძირითადი უნარების გამოყენებით შესაძლებელია როგორც ბრტყელი ფორმის პროდუქტების (ხალიჩები, პანელები, ნახატები), ასევე ნახევრად მოცულობითი თექის ნაწარმის მიღება ფორმების გამოყენებით (ჩანთები, საფულეები, ქუდები, ქუდები, ფეხსაცმელი). სველი თექის ტექნიკა ფართოდ გამოიყენება სამკაულების და ინტერიერის დეკორატიული ნივთების წარმოებაში, როგორცაა: ლარნაკები, თექის ყვავილები, გირლანდები და მრავალი სხვა.

მშრალი მოთელვა, ანუ კეცვა არის უძველესი ხელოვნება, რომელიც დათარიღებულია რომის იმპერიის დროიდან. ამ ტექნიკას რომაელები იყენებდნენ როგორც თბილი, წყალგაუმტარი ტანსაცმლის დასამზადებლად, ასევე სხვადასხვა ნაქსოვი ზედაპირის დეკორატიული ნიმუშებისათვის.

თექის კეცვის პროცესი არ საჭიროებს სპეციალურ სამუშაო ადგილს, ხელსაწყოების საჭიროება მინიმალურია, მშრალი თელვის პროცესი ნებისმიერ დროს შეიძლება შეწყდეს და განახლდეს საჭიროებისამებრ. მშრალი მოთელვის პროცესში გამოიყენება დაკბილული, უკიდურესად მჭრელი და გრძელი ნემსები. მათთან მუშაობისას მაქსიმალური სიფრთხილეა საჭირო. ნემსები დამზადებულია ნაწრთობი ფოლადისგან და აქვთ საკმარისი ელასტიურობა, არ იღუნება მუშაობის დროს, თუმცა, საკმაოდ მყიფეა. ნემსით თელვის საბაზისო ტექნიკის გამოყენებისას აუცილებელია სიფრთხილე, რათა თავიდან ავიცილოთ მათი დაზიანება და გატეხვა. ნემსები კლასიფიცირდებიან რამდენიმე პარამეტრის მიხედვით - სისქე; ჭრის სახეობა; ნაკბილების რაოდენობა.

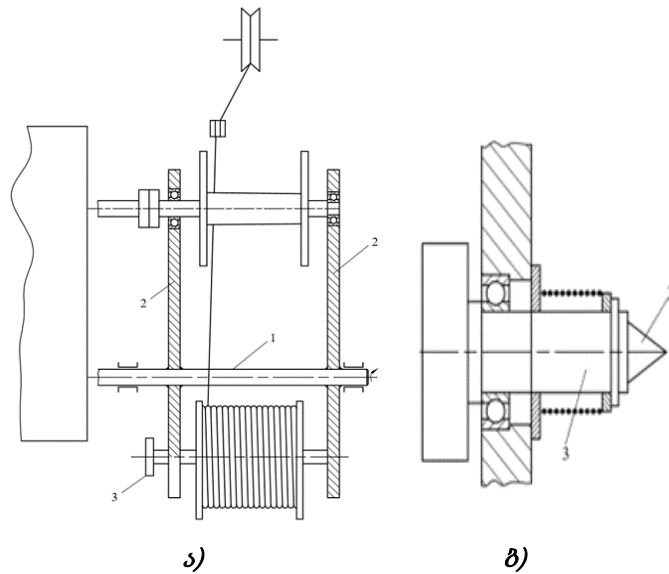


დროთა განმავლობაში თექის წარმოების პროცესი გაუმჯობესდა და მექანიზებული გახდა, თუმცა თექის წარმოების პრინციპი და ძირითადი ნედლეული (ცხვრის მატყლი) იგივე რჩება. გარეცხილი მატყლი გადადის მოძრავ მანქანებზე, სადაც გადაიქცევა საჭირო სიგანისა და სისქის მასად.

ცხვრის მატყლისგან დამზადებული კლასიკური და ბუნებრივი თექა ძირითადად ნაცრისფერი ელფერისაა, რაც მას არამიმზიდველს ხდის თანამედროვე დიზაინისთვის. მატყლის სპეციალური საღებარების გამოჩენამ მნიშვნელოვნად გააფართოვა შესაღებად საჭირო ფერთა სპექტრი. გარდა ამისა, ვისკოზის, ბამბის, თხელი ქსოვილების და ძაფების ბოჭკოების მატყლში ჩასმის ტექნოლოგიამ მნიშვნელოვნად განასხვავა ესთეტიკური ეფექტები მასალის ზედაპირზე და გააუმჯობესა სამომხმარებლო თვისებები, როგორცაა - დაჭიმულობა, მუდმივი დეფორმაცია, პილინგი. კლასიკური თექას შერწყმა თანამედროვე მასალებთან მისი წარმოების პროცესში ძლიერ ბიძგს აძლევს ამ ტენდენციის განვითარებას ტანსაცმლის დიზაინში.

თექის საბოლოო დამუშავება მისი წარმოების პროცესის მნიშვნელოვანი ნაწილია. თექის განსაკუთრებული თვისებები მიიღწევა გაუმჯობესებული მეთოდებისა და სპეციალიზებული დანამატების გამოყენებით.

თანამედროვე ცხოვრებაში თექის მიღების ტექნოლოგია გამარტივებულია სპეციალური მანქანების გამოყენებით, რომელთა მეშვეობითაც გამოთავისუფლებულია ხელით ჩასატარებელი სამუშაოები. ხელით შესასრულებელი სამუშაოების გამარტივებისათვის შექმნილია რბილი ელემენტების დამხვევი და გამშლელი მოწყობილობები, რომელთა დანიშნულებაა წარმადობის ამაღლებისა და დახვევის ტექნოლოგიის გამარტივება. სწორედ ასეთი ტიპის მოწყობილობაა აღწერილი ნახაზზე 1 (ა, ბ)



ნახაზი 1 (ა, ბ) მოქნილი ელემენტების დამხვევი და გამშლელი მოწყობილობა.

მოქნილი ელემენტების დამხვევი და გამშლელი მოწყობილობა შედგება საერთო ღერძზე ჩამაგრებული ბრტყელი ფირფიტებისაგან და ზამბარიანი ფიქსატორებისაგან, რომლებიც გამოიყენება ბობინის ჩამაგრებისა და მოხსნისათვის. წარმადობის ამაღლებისა და დახვევის ტექნოლოგიის გამარტივებისათვის, მისი ზამბარიანი ფიქსატორები ჩამაგრებულია გორგოლაჭიან საკისრებში. თავის მხრივ საკისრები ჩამაგრებულია ბრტყელ ფირფიტებში და წარმოდგენილია საფეხურიანი ცილინდრის სახით. მცირე დიამეტრის საფეხური ემსახურება ბობინის ჩამაგრებას, ხოლო დიდ დიამეტრის - კი ბობინის დახვევის პროცესში ფრიქციული ქუროს დანიშნულებას ასრულებს

ძირითად ღერძზე 1 დამაგრებულია ბრტყელი ფირფიტები 2 -ფიქსატორებით 3, რომელიც განკუთვნილია ბაზინის 4 დასამაგრებლად. ფიქსატორი განთავსებულია საკისარში 5 და გააჩნია მცირე დიამეტრიანი საფეხური, რომელიც ემსახურება ბაზინის დამაგრებას და დიდ დიამეტრიანი საფეხური ასრულებს ფრიქციული ქუროს დანიშნულებას.

ამრიგად, თექის საუკეთესო თვისებებმა: სიმტკიცე, თბომედეგობა, დაბალი ჰაერ-შეღწევადობა და წყალგამტარიანობა, განაპირობა მისი პოპულარობა მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში და საშუალება მისცა მას დიდი ხნის განმავლობაში დარჩენილიყო მოთხოვნად მასალად. თანამედროვე თექა არის ხალხური ხელოვნებისა და თანამედროვე ტექნოლოგიების მიღწევების ნაზავი. თექის წარმოების ახალმა ტექნოლოგიებმა განაპირობა სამეცნიერო მიმართულების შემუშავების საჭიროება, რომელიც დაკავშირებულია თექის თვისებების შესწავლასთან.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. თხელიძე ნ. - სატანსაცმლე მასალები და კონფექციონირება, სალექციო კურსი, ქუთაისი, 2015წ., 126გვ., სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა, CD 5375;
2. უგრეხელიძე ი., იორდანაშვილი თ. - სამრეწველო ნაწარმთა მასალათმცოდნეობა - მეთოდური მითითებები; თბილისი, 2020 წ., გვ. 25., სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა, CD 6290;
3. ფხაკაძე ნ. - სამკერვალო ნაწარმის მასალათმცოდნეობა, ლექციების კურსი, თბილისი, 2015წ., 60 გვ., სტუ -ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა, 667.022.786;
4. Иванова В. Я - Материаловедение изделий из кожи- «Альфа-м-инфра-м», Москва, 2010г., 202ст., 675.2.02/4.

### **Traditional technology of felt making and modernity**

**Lia Lursmanashvili, Nia Natbiladze, Oliko Rukhadze**

#### **Abstract**

The article presents both the traditional techniques of felting and new technologies that have significantly enriched and expanded the area of use of felt. The characteristics of felt and different types of felt according to composition are discussed. Attention is focused on three technologies of felt production - flat, seamless and voluminous. The article describes the winding and unwinding device of flexible elements, the purpose of which is to increase the performance and simplify the winding technology. From the technologies analyzed in the paper, it follows that new felt production technologies lead to the need to develop a scientific direction related to the study of the properties of modern felt.

### **Традиционная технология изготовления войлока и современность**

**Лиа Лурсманашвили, Ниа Натбиладзе, Олико Рухадзе**

#### **Резюме**

В статье представлены как традиционные техники валяния, так и новые технологии, которые значительно обогатили и расширили область использования войлока. Обсуждаются характеристики войлока и различных видов войлока по составу. Акцентируется внимание на трех технологиях производства войлока - плоском, бесшовном и объемном. В статье описано устройство намотки и размотки гибких элементов, целью которого является повышение производительности и упрощение технологии намотки. Из проанализированных в статье технологий следует, что новые технологии производства войлока приводят к необходимости развития научного направления, связанного с изучением свойств современного войлока.

## ციფრული ლოგისტიკა და საქართველოს პერსპექტივები

ვაჟა ზეიკიძე\*, გიორგი მაისურაძე\*\*, თამარ კილაძე\*\*, ია ხართიშვილი\*\*\*

\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი, საქართველო)

**რეზიუმე:** ციფრული ტექნოლოგიები ახლებურად ავითარებს და აკავშირებს ერთმანეთთან ადამიანებს, პროცესებსა და კომპანიებს. ამის შედეგად კომპანიებსა და მათ მომხმარებლებს საშუალებას ეძლევა ერთ სივრცეში, ერთ ენაზე ისაუბრონ. საქართველოს ხელისუფლების ერთ-ერთი ამოცანაა მომდევნო ათი წლის განმავლობაში ქვეყნის გარდაქმნა რეგიონის „ციფრულ ჰაბად“. უახლოესი ხუთი წლის განმავლობაში ინტერნეტის ფართოზოლოვანი ქსელის განვითარების სტრატეგიის მიხედვით, საქართველოს უნდა ჰქონდეს ინტერნეტი წამში მინიმუმ 100 მეგაბიტი სიჩქარით, ხოლო საწარმოო და ადმინისტრაციულ ორგანოებში - 1 გიგაბიტი წამში. ამავდროულად, ღია ფართოზოლოვანი ქსელი გამოჩნდება სამიზნე ადგილებში, სადაც ჯერ კიდევ არ არის ინტერნეტი. აღნიშნული სტრატეგიის შემადგენელი ელემენტია ციფრული ლოგისტიკის განვითარება.

**საკვანძო სიტყვები:** ციფრული ლოგისტიკა, სატრანსპორტო გადაზიდვები, ლოგისტიკური ჯაჭვი, ლოგისტიკური პროცესი, სტარტაპი.

### ძირითადი ტექსტი

დღეისათვის თანამედროვე ლოგისტიკა იცვლება მრავალი ფაქტორის გავლენით. B2B და B2C სეგმენტებში მომხმარებლების მოთხოვნები იზრდება პროცესების სიჩქარის, ხარისხისა და გამჭვირვალობის თვალსაზრისით. ბაზრის ახალი მოდელები კი ცვლის ლოგისტიკური პროცესების ბუნებას და ჯაჭვების არქიტექტურას, ამცირებს რგოლების რაოდენობას. ახალი მოთამაშეები შედიან ტრადიციულ ბაზარზე: მათ განეკუთვნება სწორედ სტარტაპები, რომლებიც გვთავაზობენ უფრო მოქნილ საფასო გადაწყვეტილებებს მიწოდებისთვის ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით და ბაზრის მსხვილი მოთამაშეები მაღალტექნოლოგიური ინდუსტრიებიდან. თუმცა, დღეისათვის ლოგისტიკა ჩამორჩება დიგიტალიზაციის ხარისხით ტელეკომუნიკაციას, მედიას, საბანკო და საცალო ვაჭრობას. უმეტეს ტრადიციულ ლოგისტიკურ კომპანიებში ჯერ კიდევ ბევრია ხელით შრომა, არსებული აქტივების არაეფექტური გამოყენება (მსოფლიოში სატვირთო მანქანების საშუალოდ 50% მიწოდების შემდეგ ცარიელი ბრუნდება), ხოლო ოპერაციების მოქნილობისა და გამჭვირვალობის ნაკლებობა არის დაბრკოლება ლოგისტიკური პროცესების ინტეგრაციისთვის. ლოგისტიკური სექტორის სამომავლო დიგიტალიზაცია უნდა დაეფუძნოს კომპანიებში საიმედო შიდა ციფრული ფონდის შექმნას, ახალი ბიზნეს მოდელების და სერვისების დანერგვას. ამ პრობლემის მოგვარებისათვის სექტორის ტრანსფორმაციის ძირითადი მიმართულებები უნდა ეფუძნებოდეს: „ფიზიკური“ ინტერნეტის გამოყენებას, საქონლის მიწოდების ორგანიზებაში ქრადსორსინგის (crowdsourcing) გამოყენებას, საქონლის მიწოდების გადაწყვეტილებების მიღებისას „ბოლო მილის“ პრინციპს და ა.შ.

დღეისათვის საქართველოში არ არსებობს ტვირთის მფლობელის და გადამზიდის დამაკავშირებელი რგოლი – მარტივი და სწრაფი გზა ტვირთის გასაგზავნად. სწორედ ამ

პრობლემის მოსაგვარებას მიემდგვნა ციფრული ლოგისტიკური პლატფორმის შექმნა. მას საფუძვლად დაედო ამერიკული Uber პლატფორმა. პლატფორმაზე დარეგისტრირება ერთი მხრივ იურიდიულ პირებს, მეორე მხრივ კი მძღოლებს შეუძლიათ. ამის შემდეგ ტვირთის მფლობელი უთითებს ტვირთის რაოდენობას და დანიშნულების ადგილს. სისტემა თავად პოულობს შესაფერის მძღოლს და გადატანის საფასურსაც ითვლის. ალგორითმი ავსებს სატვირთოებს, მძღოლები კი დამატებით ანაზღაურებას იღებენ. ტვირთის გამგზავნი ხარჯების 15%-ს და დროის 90%-ს ზოგავს. ამ პლატფორმის კიდევ ერთი ძალიან კარგი მახასიათებელი კი ისაა, რომ გამგზავნს შეუძლია მუდმივ რეჟიმში ადევნოს თვალი გზავნილის გადაადგილებას და ტვირთიც სრულად დაზღვეულია. დღესდღეობით კომპანია წარმატებით ოპერირებს ქართულ ბაზარზე, თუმცა აქამდე მოსასვლელი გზა ნამდვილად არ ყოფილა მარტივი.

კომპანია-cargon-ის ახალ ბაზარზე შესვლის სტრატეგია მარტივია. ისინი პირველ რიგში უკავშირდებიან კლიენტს – ტვირთის მფლობელს, რომელიც მათი მომხმარებელი ბაზარზე შესვლისთანავე ხდება. ამით თავიდან იცილებენ დროის და ბიუჯეტის უაზროდ ხარჯვას. კომპანია ამ მიდგომის გამოყენებას აპირებს სამომავლოდ ყაზახეთის ბაზარზე გასასვლელად, სადაც პირველ კლიენტთან მოლაპარაკება უკვე მიმდინარეობს. რაც შეეხება თავად გაყიდვის პროცესს: მომხმარებელი სტარტაპის შესახებ იგებს ციფრული მარკეტინგის საშუალებით, რომელიც შემოდის პლატფორმაზე და რეგისტრირდება. შემდეგ ახდენენ მომხმარებლის ვალიდაციას – იძიებენ მასზე ინფორმაციას და ამ მომხმარებელს უკავშირდება გაყიდვების გუნდი, უხსნის როგორ გამოიყენოს პლატფორმა და სთავაზობს დემო ვერსიასაც. ამის შემდეგ, თუ მომხმარებელმა შეკვეთა არ გააკეთა, მომდევნო ორი კვირის განმავლობაში რემარკეტინგს აკეთებენ და ძირითადად e-mail-ით უკავშირებიან.

ლოგისტიკური ინფორმაციის გაცვლის გამარტივების და ჰარმონიზაციის მიზნით, ევროკავშირმა დაამტკიცა რეგულაცია ელექტრონული ტვირთის ტრანსპორტირების ინფორმაციის (eFTI) შესახებ და ახლა მუშაობს დამხმარე აქტების/სპეციფიკაციების შემუშავებაზე. ამ რეგულაციის დაცვა ევალება ევროკავშირის წევრ სახელმწიფოებს, რომლებიც გადადიან პლატფორმების დეცენტრალიზებულ გაერთიანებულ ქსელზე, რაც საშუალებას აძლევს სახელმწიფო ხელისუფლებას აღიარონ ელექტრონული მონაცემების კანონიერება.

ამ კუთხით პროგრამამ (EU4Digital) შეიმუშავა მოსამზადებელი ღონისძიებები ევროკავშირში მიმდინარე პროცესების დასაანერგად აღმოსავლეთ პარტნიორობის ქვეყნებში. იგი გულისხმობს ტექნოლოგიური მიდგომების ტესტირებას ინფორმაციის გაცვლის, სარეგულაციო გარემოს და ორგანიზაციული სტრუქტურის საკითხებში აღმოსავლეთ პარტნიორობის ქვეყნებში. ამ კონტექსტში, ექსპერტებმა შეიმუშავეს სამწლიანი პროგრამა და განსაზღვრეს მოსამზადებელი ღონისძიებები ციფრული სატრანსპორტო დერეფნის შესაქმნელად ბალტიის და შავ ზღვებს შორის. განხორციელებული პროგრამის მიზანია დანერგოს ლოგისტიკური ინფორმაციის დაუბრკოლებელი კომპლექსური გაცვლა ბალტიის და შავი ზღვების სატრანსპორტო დერეფნის გასწვრივ განლაგებული რეგიონის სხვა რეგიონების ტერიტორიებს შორის. პროგრამის (EU4Digital) დანარგვა ხელს შეუწყობს ელექტრონული კომერციის შემდეგი სფეროების ჰარმონიზაციას:

- **სახელმწიფოთაშორის** დოკუმენტების უქალაქო გაცვლას სხვადასხვა ქვეყნის სავაჭრო პარტნიორებს შორის (მაგ. ბიზნესი და მთავრობა);
- **ელექტრონული-საბაჟოს ფორმირებას:** საბაჟო ინფორმაციის სისტემური და ავტომატური გაცვლა ლოგისტიკურ ბიზნესს და საბაჟო უწყებებს შორის.
- **ციფრული სატრანსპორტო დერეფანის** გამოყენებას მონაცემებთან დაკავშირებული ინფორმაციის კომპლექსური გაცვლისთვის ტრანსპორტირების ყველა ეტაპზე – საჰაერო, საგზაო, სარკინიგზო და საზღვაო;

- **ქსელური აქტივობას:** აღმოსავლეთ პარტნიორობის ქვეყნების მონაწილე მხარეების მიერ ევროკავშირის პარტნიორობთან კავშირების დამყარებას და ინფორმაციის გაზიარებას.

ლოჯისტიკის გაციფრულება საშუალებას მოგვცემს დავზოგოთ დრო და მომხმარებლებს საშუალება მივცეთ პროცესის ხედვის ანუ დაინახოს საკუთარი ტვირთი სად არის და რა მიმართულების მარშრუტი უნდა გაიაროს და რა დროისათვის ჩაბარდება დამკვეთს. ციფრული ლოჯისტიკა უზრუნველყოფს შეუფერხებელ კომუნიკაციას დამკვეთს, გადამზიდავ კომპანიასა და მძღოლს შორის, რაც პროცესზე სრული კონტროლოს საშუალებას იძლევა და ამასთან ერთად იძლევა შეუზღუდავი წვდომის საშუალებას მარშრუტების საბაზრო ფასებზე.

ციფრული ლოჯისტიკა საქართველოს მომავლის განუყოფელი ნაწილია და იგი რეალურად ექვს ეტაპს ეფუძნება:

- ციფრულ სამყაროში კომპანიებს სჭირდებათ ციფრული **მაინდსეტის** მქონე ადამიანები, რომელთაც აქვთ შესაძლებლობა დაინახონ ტექნოლოგიების ძალა და მისი შესაძლებლობები ბიზნესში. ნებისმიერი იდეა, ტექნოლოგია თუ სიახლე ფუჭია შესაბამისი მზაობის, მაინდსეტის, გაუმჯობესებული უნარებისა და ინოვაციურობისკენ სწრაფვის გარეშე;
- აუცილებელია **ციფრულ სამყაროში სამოქმედო სტრატეგიის** ფორმირება, რომელიც კომპანიებს ბიზნეს მოდელის ცვლილებისკენ უბიძგებს;
- **ორგანიზაციის ციფრული დიაგნოსტიკა** გვეხმარება შევაფასოთ კლიენტების ფაქტობრივი მდგომარეობა და მათი პოზიცია ციფრულ გარემოში და გამოვლენილი შესაძლებლობებით დავსახოთ შემდგომი ნაბიჯები.
- ციფრული სტრატეგიის ფორმირების შემდეგ ხდება ორგანიზაციის, როგორც ერთიანი ორგანიზმის **მომზადება ციფრული ტრანსფორმაციისთვის**, რომელიც მოიცავს კომპანიის ორგანიზაციული სტრუქტურის, ქცევისა და კულტურის მოდიფიკაციას.
- **ციფრული უნარების ფლობა.** ანუ კომპანიაში ციფრული მეტამორფოზის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ელემენტს თანამშრომლები წარმოადგენენ. შემდგომ ეტაპზე აუცილებელია კომპანიის თანამშრომელთა ციფრული უნარების გამომუშავებასა და გაუმჯობესება.
- ერთი მიზნის ირგვლივ გაერთიანებული ციფრული სტრატეგიის, ორგანიზაციული კულტურისა და თანამშრომელთა ციფრული უნარების კულმინაციის შედეგი ასახვას პოვებს ორგანიზაციის **გაციფრულებაში**.

### დასკვნა

ციფრული ლოჯისტიკა საქართველოს ეკონომიკის ხერხემალი და მთავარი მამოძრავებელი ძალაა ყველა დარგისათვის და მისი განვითარება უზრუნველყოფს:

1. საერთაშორისო სატვირთო გადაზიდვების მოძრაობას უმოკლეს, ყველაზე ეფექტურ მარშრუტებზე – რაც საშუალებას იძლევა წინასწარ იქნს გაითვალისწინებული ყველა რეგულაცია და შეზღუდვა, მოძრაობის შეფერხება და ა.შ. ამით არსებითად მცირდება გასავლელი მანძილი, ტრანსპორტის ცვეთისა და საწვავის ხარჯები.
2. ლოჯისტიკური კომპანიების სრულ ხილვადობას მიწოდების ჯაჭვის ყველა ასპექტში;
3. ლოჯისტიკური კომპანიებისთვის ბიზნესის გამართული საქმიანობას და ფულადი ნაკადების ოპტიმიზაციას. განსაკუთრებით კი გეოპოლიტიკური დამაბულობის, მოულოდნელი საბაჟო მოვალეობების, გაცვლითი კურსის რყევების, ბუნებრივი კატასტროფების და სხვა საკითხების გასათვალისწინებლად.

4. ეკოლოგიასა და გამონახობის შემცირებაზე ზრუნვას, რომელიც ყველა თანამედროვე კომპანიისთვის მნიშვნელოვანია. ეს საჭიროა, პირველ რიგში, მთავრობების მიერ დაწესებული რეგულაციების გამო. მეორე მხრივ, გარემოზე ზრუნვა დადებითად აღიქმება საზოგადოების მხრიდან და ხარჯების დაზოგვაშიც გვეხმარება;
5. კომპანიებს, რომლებიც ჩართულნი არიან ლოგისტიკის ინდუსტრიაში, უნდა გააჩნდეთ მიწოდების ჯაჭვის სიღრმისეული ცოდნა და გამოცდილება და მზად იყვნენ გრძელვადიანი მოგების მისაღწევად გონივრული რისკის გასაწევად.

#### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. ბოცვაძე ლ., გელაშვილი ო., მეზურიშვილი მ., ლოგისტიკა და თანამედროვე სატრანსპორტო პოლიტიკა, თბილისი, 2007.
2. ვეშაპიძე შ., ოსაძე ლ., სეხნიაშვილი დ., ლოგისტიკა, თბ. 2012.
3. [www.economy.ge](http://www.economy.ge)
4. [www.railway.ge](http://www.railway.ge)
5. [http://commerciant.ge/index.php?view=post&id=128819&lang\\_id=ge](http://commerciant.ge/index.php?view=post&id=128819&lang_id=ge)
6. [https://commerciant.ge/?view=post&id=127283&lang\\_id=ge](https://commerciant.ge/?view=post&id=127283&lang_id=ge)
7. <https://www.youtube.com/watch?v=pQirgcBch2k>

#### DIGITAL LOGISTICS AND PERSPECTIVES OF GEORGIA

Vazha Zeikidze, Giorgi Maisuradze, Tamar Kiladze, Ia Khartishvili

##### Abstract

Digital technologies develop and connect people, processes and companies in new ways. As a result, companies and their customers are allowed to speak in one space, in one language. One of the tasks of the Georgian government is to transform the country into a "digital hub" of the region in the next ten years. According to the broadband Internet development strategy for the next five years, Georgia should have Internet with a speed of at least 100 megabits per second, and 1 gigabit per second in production and administrative bodies. At the same time, open broadband will appear in target areas where there is still no internet. The constituent element of the mentioned strategy is the development of digital logistics.

#### ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ГРУЗИИ

Важа Зейкидзе, Георгий Майсурадзе, Тамар Киладзе, Иа Хартишвили

##### Резюме

Цифровые технологии по-новому развивают и объединяют людей, процессы и компании. В результате компании и их клиенты могут говорить в одном пространстве, на одном языке. Одна из задач правительства Грузии — превратить страну в «цифровой хаб» региона в ближайшие десять лет. Согласно стратегии развития широкополосного интернета на ближайшие пять лет, в Грузии должен быть интернет со скоростью не менее 100 мегабит в секунду, а в производственных и административных органах - 1 гигабит в секунду. В то же время открытый широкополосный доступ появится в целевых районах, где до сих пор нет интернета. Составным элементом указанной стратегии является развитие цифровой логистики.

სამეცნიერო ნაშრომის რედაქციაში წარმოდგენის წესი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ჟურნალში - “ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა” სამეცნიერო ნაშრომის წარმოდგენა ხდება ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. ნაშრომი უნდა შესრულდეს A4 ფორმატის ქაღალდის 1,5 ინტერვალით ნაბეჭდ გვერდზე ISO სტანდარტის მოთხოვნის მიხედვით:

- ა) ნაშრომი უნდა მომზადდეს Microsoft Word-ში ცხრილებისა და ფორმულების რედაქტორების გამოყენებით; შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს Microsoft Excel-ის პროგრამა;
- ბ) სამუშაო ქაღალდის მინდვრის ზომები: ზედა - 25 მმ, ქვედა - 25 მმ, მარცხენა - 25 მმ, მარჯვენა - 25 მმ;
- გ) ქართულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი უნდა აიწყოს Sylfaen – ის გარნიტურის შრიფტით, ინგლისურ და რუსულ ენებზე შესრულებული ნაშრომი კი - Times New Roman შრიფტით;
- დ) ნაშრომის დასახელება უნდა აიწყოს Sylfaen გარნიტურის შრიფტით (18B); ავტორის სახელი და გვარი - Sylfaen გარნიტურის შრიფტით (14B); დასახელება ორგანიზაციის, სადაც შესრულდა სამუშაო, უნდა მიეთითოს ფრჩხილებში - შრიფტით 12B; ნაშრომის რეზიუმე უნდა შესრულდეს კურსივი შრიფტით 12; საკვანძო სიტყვები - შრიფტით 12; ნაშრომის ტექსტი - 12; რუსულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი - შრიფტით 12; ლიტერატურის ჩამონათვალის შემდეგ ერთვის რეზიუმე ინგლისურ და რუსულ ენებზე შემდეგი მითითებით: ნაშრომის დასახელება, ავტორის (ავტორების) სახელი (სრულად) და გვარი. რეზიუმეს მოცულობა უნდა იყოს 5-15 სტრიქონი;

2. ნაშრომი წარმოდგენილი უნდა იყოს კომპაქტ დისკზე (CD-R) და ერთ ეგზემპლარად A4 ფორმატის ქაღალდზე (მკაფიოდ) დაბეჭდილი;

3. ნაშრომს თან უნდა ერთვოდეს მონაცემები ავტორის (ავტორების) შესახებ: აკადემიური ხარისხი/სამეცნიერო ხარისხი, თანამდებობა და სამუშაო ადგილი;

4. ჟურნალში ქვეყნდება მხოლოდ რეცენზირებადი ნაშრომები;

5. რედაქცია მხარს დაუჭერს ერთ ჟურნალში ერთი და იგივე ავტორების მიერ შესრულებულ არაუმეტეს სამი სტატიის გამოქვეყნებას;

6. ნაშრომის გვერდების რაოდენობა განისაზღვრება 5-დან 30 გვერდამდე;

7. ავტორი პასუხს აგებს ნაშრომის შინაარსსა და ხარისხზე; იბეჭდება ავტორთა ხარჯით.

**FOR AUTHIORS**

**procedure for submission of scientific papers in journal**

In the Journal “Transport and Machine Building” of Transport and Mechanical Engineering Faculty of Georgian Technical University manuscripts will be submitted in Georgian, English and Russian languages with satisfying of the following conditions:

1. The paper must be performed on A4 page format with interval 1,5 by requirements of ISO standard:

a) The paper must be prepared in Microsoft Word with using of redactor for the tables and formulae; is possible to use the program Microsoft Excel.

b) Margins: top – 25 mm, bottom – 25 mm, left – 25 mm, right – 25 mm.

c) Performed in Georgian paper must be typed in Sylfaen, performed in English and Russian papers – in Times New Roman.

d) Title of paper must be typed in Sylfaen (18B); name and surname of author – in Sylfaen (14B); affiliation, in parenthesis – in 13B; abstract must be performed in italic 12; keywords – in 12; body-type – in 12; performed in Russian paper – in 12; after references should have the abstracts in English and Russian with following: title of paper, name and surname of author (authors). The abstract should not exceed 5-15 lines;

2. The paper must be submitted on compact-disk (CD-R) and one copy (legible) printed on format A4;

3. The paper should be accompanied with the information about author (authors): scientific degree, rank and position;

4. Only the peer reviewed works are published in the journal;

5. The editorial supports the publishing of no more than three articles published by the same authors in one journal;

6. Size of paper’s sheet is determined in range from 5 up to 30 pages;

7. The author is wholly responsible for the contents and quality of the paper; Printed by authors.



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

### **Порядок представления в редакцию научных работ**

В журнал “Транспорт и машиностроение” транспортного и машиностроительного факультета Грузинского технического университета научные работы представляются на грузинском, английском и русском языках с соблюдением следующих требований:

1. Работа должна быть выполнена на бумаге форматом А4 с интервалом 1,5 на печатном листе согласно требованиям стандарта ISO:

а) Работа подготавливается в Microsoft Word с использованием редакторов таблиц и формул; возможно использование программы Microsoft Excel.

б) размеры поля рабочего листа: верхнее – 25 мм, нижнее – 25 мм, левое – 25 мм, правое – 25 мм.

в) выполненная на грузинском языке работы должна быть набрана шрифтом Sylfaen, выполненный на английском и русском языках работы – шрифтом Times New Roman.

г) название работы должно быть набрано шрифтом Sylfaen (18B); имя и фамилия автора – шрифтом Sylfaen (14B); название организации, где выполнена работа, указывается в скобках – шрифтом 13B; резюме работы выполняется курсивным шрифтом 12; ключевые слова – шрифтом 12; текст работы – шрифтом 12; выполненная на русском языке работа – шрифтом 12; после литературы прилагается резюме на английском и русском языках со следующим указанием: название работы, имя и фамилия автора (авторов). Объём резюме не должен превышать 5-15 строк;

2. Работа должна быть представлена на компакт-диске (CD-R) и в одном экземпляре (разборчиво) напечатанной на бумаге формата А4;

3. К работе прилагаются данные об авторе (авторах): научная степень, звание и должность;

4. В журнале публикуются только рецензируемые работы;

5. Редакция согласится напечатать в одном журнале не более трёх статей выполненных одним и тем же автором;

6. Количество листов работы определяется от 5 до 30 страниц;

7. Автор несёт ответственность за содержание и качество работы; Печатается на авторский счет.

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (56) 2023  
TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №1 (56) 2023  
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №1 (56) 2023

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი  
SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

გამოდის პერიოდულობით წელიწადში სამჯერ

Published periodically for three times a year

Журнал выходит в год три раза

გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“  
Publishing House „TRANSPORT & MACHINEBUILDING“  
Издательство „ТРАНСПОРТ & МАШИНОСТРОЕНИЕ“

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2022წ. 30 მარტი;  
გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი  
თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.  
Signed for printing 30: 03: 2023; Editor size 60X84 1/8; printed  
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.  
Подписано к печати 30: 03: 2023г; Формат издания л. 60X84 1/8;  
Физичесих печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.