

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი

ISSN 1512-3537 (print)

ISSN 3038-4047 (online)

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3537>

**ESJI** Eurasian  
Scientific  
Journal  
Index  
[www.ESJIndex.org](http://www.ESJIndex.org)

<https://esjindex.org/search.php?id=7926>

# ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა

№1 (62) 2025

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი  
ნაშრომების კრებული

ჟურნალი რეგისტრირებულია Google Scholar-ში  
ჟურნალი რეფერირდება ქრე-ში „ქართული რეფერატული ჟურნალი“



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“  
თბილისი  
2025

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა  
TRANSPORT AND MACHINEBUILDING  
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

სარედაქციო კოლეგია

ასოც. პროფ. ბორის გიტოლენდია (მთავარი რედაქტორი); პროფ. ლავრენტი გუდავაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე); პროფ. თეა ბარამაშვილი (ტექნიკური რედაქტორი); პროფ. გიორგი აბრამიშვილი; პროფ. თამაზ ნატრიაშვილი; პროფ. თამაზ მორჩაძე; პროფ. გიზო ფარცხალაძე; პროფ. ალექსანდერ სლადკოვსკი (პოლონეთი); პროფ. გეორგი ტოხტარი (უკრაინა); პროფ. მიხაილ ბენ ხაიმ (ისრაელი); პროფ. კოლინ რიგბი (დიდი ბრიტანეთი); პროფ. მიროსლავ ბონეკი (პოლონეთი); პროფ. ასენ ასენოვი (ბულგარეთი); პროფ. ნია ნატბილაძე; პროფ. გივი გოლეთიანი; პროფ. რაულ თურმანიძე; პროფ. ნანა ნოზაძე; პროფ. ზაურ ჩიტაძე; პროფ. გოდერძი ტკეშელაშვილი; პროფ. ჯუმბერ იოსებიძე; პროფ. ავთანდილ შარვაშიძე; ასოც. პროფ. ხათუნი ამკოლაძე; პროფ. მანანა თალაკვაძე; პროფ. ნათია ბუთხუზი; პროფ. ნუგზარ რურუა; პროფ. ზურაბ ბოგველიშვილი; პროფ. დავით მოწინიძე; პროფ. თამარ კილაძე; ასოც. პროფ. ვალერი ჯაჯანიძე; ასოც. პროფ. რამაზი ტყემალაძე.

EDITORIAL BOARD

Assoc. Prof. **Boris Gitolendia** (editor-in-chief); Prof. **Lavrenti Gudavadze** (deputy editor-in-chief); Prof. **Tea Baramashvili** (Technical Editor); Prof. **Giorgi Abramishvili**; Prof. **Tamaz Natriashvili**; Prof. **Tamaz Morchadze**; Prof. **Gizo Fartskhaladze**; Prof. **Aleksander Sladkovski** (Poland); Prof. **George Tokhtar** (Ukraine); Prof. **Michail Ben Chaim** (Israel); Prof. **Kolin Rigbi** (Great Britain); Prof. **Miroslav Boneki** (Poland); Prof. **Asen Asenovi** (Bulgaria); Prof. **Nia Natbiladze**; Prof. **Givi Goletiani**; Prof. **Raul Turmanidze**; Prof. **Nana Nozadze**; Prof. **Zaur Chitidze**; Prof. **Goderdzi Tkeshelashvili**; Prof. **Jumber Iosebidge**; Prof. **Avtandil Sharvashidze**; Assoc. Prof. **Khatuni Amkoladze**; Prof. **Manana Talakvadze**; Prof. **Natia Butkhuzi**; Prof. **Nugzar Rurua**; Prof. **Zurab Bogvelishvili**; Prof. **David Dzotsenidze**; Prof. **Tamar Kiladze**; Assoc. Prof. **Valeri Jajaniidze**; Assoc. Prof. **Ramazi Tkemaladze**.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Асоц. Проф. **Борис Гитолендия** (главный редактор); Проф. **Лавренти Гудавадзе** (зам. главного редактора); Проф. **Теа Барамашвили** (Технический редактор); Проф. **Гиорги Абрамишвили**; Проф. **Тамаз Натриашвили**; Проф. **Тамаз Морчадзе**; Проф. **Гизо Фарцхаладзе**; Проф. **Александр Сладковски** (Польша); Проф. **Георг Тохтар** (Украина); Проф. **Михаил Бен-Хаим** (Израиль); Проф. **Коллин Ригби** (Великобритания); Проф. **Мирослав Бонеки** (Польша); Проф. **Асен Асенови** (Булгария); Проф. **Ниа Натбиладзе**; Проф. **Гиви Голетиани**; Проф. **Раул Турманидзе**; Проф. **Нана Нозадзе**; Проф. **Заур Читидзе**; Проф. **Годердзи Ткешелашвили**; Проф. **Джумбер Иосебидзе**; Проф. **Автандил Шарвашидзе**; Асоц. Проф. **Хатуни Амколлодзе**; Проф. **Манана Талакवादзе**; Проф. **Натиа Бутхузи**; Проф. **Нугзар Руруа**; Проф. **Зураб Богвелишвили**; Проф. **Давид Дзотсенидзе**; Проф. **Тамар Киладзе**; Асоц. Проф. **Валери Джаджанидзе**; Асоц. Проф. **Рамаз Ткемаладзе**.

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:

- ჟურნალის ვებ გვერდი  
<https://journaltm.gtu.ge/ka/>
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - ცენტრალური ბიბლიოთეკა  
[https://gtu.ge/Library/transp\\_jur/](https://gtu.ge/Library/transp_jur/)
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი  
<https://gtu.ge/stmm/research/journals.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/qjr>

შინაარსი

**I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт**

1. საავტომობილო გზის მიწის ვაკისში ბმული გრუნტების მოდელირების საერთო პრინციპები  
გიორგი ხატიაშვილი ..... 5

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

2. მექატრონიკური სისტემების განვითარების ძირითადი ტენდენციები  
ხათუნ ამცოლაძე, ნია ნათბილაძე ..... 12
3. Металлические сплавы на основе магния и их применение в различных отраслях техники  
Зураб მჩედლიშვილი, ნანა რაჩველიშვილი ..... 17
4. Интерметаллидные Сплавы и их применение в машиностроении  
Зураб მჩედლიშვილი, ნანა რაჩველიშვილი ..... 21
5. Определение перемещении свободного конца закрученного относительно своей оси симметрии консольной балки  
რაულ ტურმანიძე, ზურაბ მჩედლიშვილი, ლალი კორგანაშვილი ..... 25
6. სუპერფინიშის პროცესის ინტენსიფიკაციისას თბური მოვლენების კვლევა  
ვაჟა შილაკაძე, ზურაბი ვატიტაძე ..... 31
7. საკისრების რგოლების ფინიშური დამუშავების და ბაზირების მეთოდების ანალიზი  
ვაჟა შილაკაძე, საბა ჩახაია ..... 36
8. DESIGN METHODS OF CONTINUOUSLY 3D PRINTED ULTRALIGHT SHELL STRUCTURES FOR AERONAUTICAL APPLICATIONS  
Ramil Zukakishvili, Giorgi Kakabadze ..... 42
9. პროექტის ორგანიზების ერთ-ერთი მეთოდი პროგრამული პაკეტის AUTOCAD-ის გამოყენებით  
ნანა ნოზაძე, ქეთევან ჭკუასელი, ლუკა თოლორდავა ..... 47

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

10. მრგვალი ფორმის მქონე ხილის გასაყინავი მოწყობილობა  
ამირან ლაზარაშვილი ..... 53
11. Revit Architectura roof by footprint single-pitched, gable, hip, and mansard roof  
Natela Javakhishvili, Tea Baramashvili ..... 59
12. მაღალმთიანი რეგიონების ტყესაკავი სამუშაო პროცესების ეკონომიკური სარგებლის განსაზღვრა  
მაია გოგოტიშვილი ..... 66

13. მრავალ ინსტრუმენტალური საფრეზი თავი მერქნული მასალების დამამუშავებელი  
ჩარხისთვის  
ზაურ ჩიტძე, იგორ გელაშვილი, მაია გოგოტიშვილი, ნინო ბჟალავა, მაკა ჟღენტი ..... 70
14. მდგრადი განვითარებისა და კლიმატის ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის ჩამოყალიბების  
ისტორიული გზა  
ნინო ბჟალავა, მაია გოგოტიშვილი ..... 74
15. ინდუსტრიული დიზაინი, მისი ადგილი და როლი თანამედროვე საზოგადოებაში  
მზია მილაშვილი, ვალერი მჭედლიშვილი ..... 78

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

---

16. Selection of effective and cost-effective options for changing the vessel's course, taking into  
account navigation conditions  
Otar Jijavadze, Natalia Jijavadze, Amiran Jijavadze ..... 85
17. საქართველოს ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების  
პერსპექტივები  
ვაჟა ზეიკიძე, გიორგი მაისურაძე, თამარ კილაძე, ცირა ელგენდარაშვილი,  
ნატალია ელგენდარაშვილი ..... 91
18. ავტორთა საყურადღებოდ ..... 97

# საავტომობილო გზის მიწის ვაკისში ბმული გრუნტების მოდელირების საერთო პრინციპები

გიორგი ხატიაშვილი\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

*ელ. ფოსტა: gkhatiashvili10@gmail.com*

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

**რეზიუმე:** ნაშრომში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე, შეიძლება მივუთითოთ მთელ რიგ დებულებებზე, რომლებიც ჩადებული უნდა იყოს ბმული გრუნტების მოდელირების ფუძეში. წინამდებარე ნაშრომში ხორციელდება ტექნოლოგიის დამუშავების არატრადიციული ალგორითმი: სისტემური კასკადური მოდელირება დინამიკური კონსოლიდაციის მაკონტროლებელი მექანიზმების დადგენის მიზნით - გრუნტების ექსპერიმენტული ცდები სისტემური მეთოდოლოგიით - აჩვენებული კონსოლიდაციის ტექნოლოგიის დამუშავება დროში მართვადი კინეტიკური პარამეტრებით. ნაშრომში ყურადღება არის გამახვილებული ბმული გრუნტის კონსოლიდაციის მათემატიკური მოდელის დამუშავებაზე ვიზუალიზებული ზემოქმედებისას. ასევე განხილულია ვიზუალიზებული კონსოლიდაციის განვითარება გამკვრივების საწყისი სტადიის დასრულების შემდეგ შრეობრივი კონსოლიდაციის მოდელი.

**საკვანძო სიტყვები:** ბმული გრუნტები, კონსოლიდაცია, ადიტიური მოდელირება, ტიკსოტროპული სისტემა, კვაზიტიკსოტროპული.

## შესავალი

გრუნტები წარმოადგენენ სისტემების ერთობლიობას, რომელთა ასაღწერად აუცილებელია ადიტიური დისციპლინათშორისი მოდელირებისა და ადეკვატური მეთოდოლოგიის გამოყენება, რომელიც აერთიანებს ისეთ დისციპლინებს, როგორიცაა საინჟინრო გეოლოგია, გრუნტების მექანიკა, მასალათმცოდნეობა, ფიზიკური და კოლოიდური ქიმია, არაორგანული ქიმია, მყარი სხეულის ფიზიკა, კრისტალოგრაფია, ჰიდროდინამიკა, სტრუქტურების კვლევის მეთოდები და სხვა დისციპლინები;

- გრუნტების მოდელირებისთვის მათი დინამიკური ქცევის პრინციპების დამუშავებისას აუცილებელია დიდი რაოდენობით მოდელებისა და გრუნტების ადიტიური მოდელირების გაერთიანებული სისტემური მიდგომების გამოყენება.

გრუნტების ადიტიური მოდელირება (გამ) - გრუნტების თვისებებისა და სტრუქტურის კვლევის ურთიერთბმული და ურთიერთმემკვები დისციპლინათშორისი მოდელების და მეთოდების იერარქიულად აგებული ერთობლიობა, რომელიც იძლევა გრუნტებში თხელი სტრუქტურულ-ფიზიკური გარდაქმნების შესწავლის საშუალებას, რაც განსაზღვრავს ბმული გრუნტების ქცევის ბუნებას ერთსახიანი და მრავალსახიანი ზემოქმედებისას.

გ.ა.მ.-ის გამოყენების აუცილებლობა განისაზღვრება ნაშრომის მიზანთან დაკავშირებული შემდეგი გარემოებებით, პრინციპული საფუძვლების შექმნით, ბუნებრივი ფუძის გრუნტების კონსოლიდაციის მეთოდებისა და ტექნოლოგიების დამუშავებით, მართვადი

კინეტიკური მახასიათებლებით, რაც უზრუნველყოფს დაყოვნების პერიოდის მკვეთრ შემცირებას.

### **ძირითადი ნაწილი**

გრუნტების ადიტიური მოდელირება ემყარება დისციპლინათმშორისი ხასიათის ურთიერთბმული და ურთიერთმემცესები მეთოდების ფართო ერთობლიობას, რაც იძლევა ბმულ და არაბმულ გრუნტებში რთული პროცესების ყოველმხრივი შესწავლის საშუალებას.

გრუნტების ადიტიური მოდელირების კიდევ ერთი პრინციპი წარმოადგენს გრუნტების ფართო გამის კვლევას, რომელშიც შედის:

- ხელოვნური და ბუნებრივი (ბუნებრივი, დაურღვეველი) გრუნტები;
- ბმული და არაბმული გრუნტები ბმის მთელ დიაპაზონში - ქვიშა, ქვიშიანი თიხნარი, თიხნარები და თიხები.

გრუნტების ადიტიური მოდელირების აღნიშნული პრინციპები პრაქტიკულად არ არის აპრობირებული თეორიულ და პრაქტიკულ გრუნტმცოდნეობაში. ამ პრინციპების გამოყენება იძლევა, გრუნტებში სტრუქტურული გარდაქმნების მექანიზმების კვლევის საშუალებას და გვადლევს გრუნტების თვისებების მართვის შესაძლებლობას.

ბუნებრივი ფუძის გრუნტების კონსოლიდაციის აჩქარების ცნობილი მეთოდებისა და ტექნოლოგიების ანალიზი მიუთითებს ემპირიული მიდგომების უპირატესობაზე, მაშინ, როცა, ბუნებრივი აგებულების გრუნტების გამკვრივების პროცესების კინეტიკის განმსაზღვრელი მაკონტროლებელი მექანიზმები ფრაგმენტულად არის გამოკვლეული. მაკონტროლებელ მექანიზმებში იგულისხმება, გრუნტების გამკვრივების პროცესებზე პასუხისმგებელი სტრუქტურულ-ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროდინამიკური და სხვა ფაქტორები.

სამამულო და საზღვარგარეთის პრაქტიკაში, ბმული გრუნტების კონსოლიდაციის აჩქარების ყველაზე გავრცელებულ ტექნოლოგიებს წარმოადგენენ ვიბრაციული მეთოდები ვიბროსატკეპნების გამოყენებით და დინამიკური კონსოლიდაცია, მძიმე ვარდნილი ტვირთების გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდების ანალიზი გამკვრივების აჩქარების მაკონტროლებელი მექანიზმების კვლევის მხრივ აჩვენებს, რომ არსებობს, ბმული გრუნტების მიკროსტრუქტურული და ფიზიკურ-ქიმიური თავისებურებების გათვალისწინებასთან დაკავშირებული გადაუწყვეტელი საკითხების დიდი რაოდენობა.

გრუნტების კვლევის პრაქტიკიდან გამომდინარე, გრუნტების ნიმუშების თვისებების კვლავწარმოების პრინციპს მათი ექსპერიმენტული კვლევის სტადიაზე აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა, ვინაიდან, ეს პრინციპი საკმაოდ რთულია. ეს სირთულეები განპირობებულია ბუნებრივი გრუნტების ფართო მრავალფეროვნებით - შედგენილობის, სტრუქტურის, მიკრო და მაკრო არაერთგვაროვნობის, ანიზოტროპიის, ტენზომცველობის, ფორიანობის და მახასიათებლების ერთობლიობის მიხედვით. ბუნებრივი გრუნტების კვლევის მეთოდები ითვალისწინებს კერნების მოცილებას, ამასთანავე, ქანის ფრაგმენტის შერჩევის პროცედურას ახლავს გრუნტის სტრუქტურისა და თვისებების დარღვევა ისეთ დონეზე, რომლის შეფასება ხარისხობრივად და რაოდენობრივად რთულია. შემდეგ, დამახინჯებულ ფრაგმენტზე სრულდება გრუნტის მახასიათებლების განსაზღვრის სამუშაოები საკმაოდ შეზღუდული ჩამონათვალის მიხედვით. ამგვარად, კერნებზე ბუნებრივი გრუნტების კვლევის მეთოდოლოგია

წარმოადგენს პროცედურების თანამიმდევრობას, როდესაც, გრუნტის მკაცრად ინდივიდუალური ფრაგმენტი განიცდის განუსაზღვრელ დეფორმაციულ დამახინჯებას და შემდეგ აღიწერება მახასიათებლების არასრული ნაკრებით. შედეგად, წარმოიქმნება მიღებული შედეგების ინტერპრეტაციის ამოცანა, რომელშიც არსებობს განუსაზღვრელობის მნიშვნელოვანი წილი, გაძლიერებული გრუნტების თვისებების ვარიაციულობით.

აღნიშნული სირთულეების გადასალახავად ჩვენს მიერ გამოყენებულია გრუნტების კვლევის სისტემური მეთოდოლოგია (გ.კ.ს.მ.), აგებული პრინციპებზე:

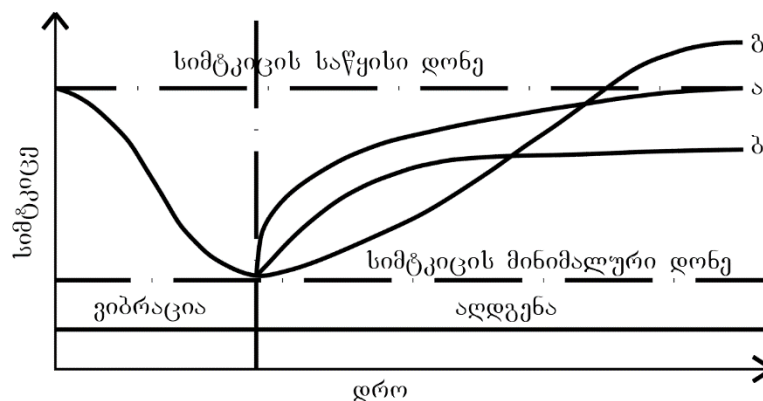
- ექსპერიმენტული კვლევების დონეების იერარქიაზე: 1-ლი დონე - ყველა კლასის გრუნტების ბუნებრივი ნიმუშები - ქვიშიანიდან თიხოვანამდე; მე-2 დონე - გრუნტების კერნები - შედგენილობით ბუნებრივ ნიმუშებთან ახლოს მდგომი; მე-3 დონე - ბუნებრივი მასივების გრუნტების კერნები;

- შედგენილობის კვლავწარმოებაზე, გამოცდილი ნიმუშების სტრუქტურასა და თვისებებზე, რაც უზრუნველყოფილია გრუნტის ნიმუშების სინთეზის მეთოდებით;

- კასკადური მოდელირების სამოდელო დამუშავებების ფართო წრის გამოყენება გრუნტების ექსპერიმენტული კვლევებისა და გამოცდების პარამეტრების განსასაზღვრავად.

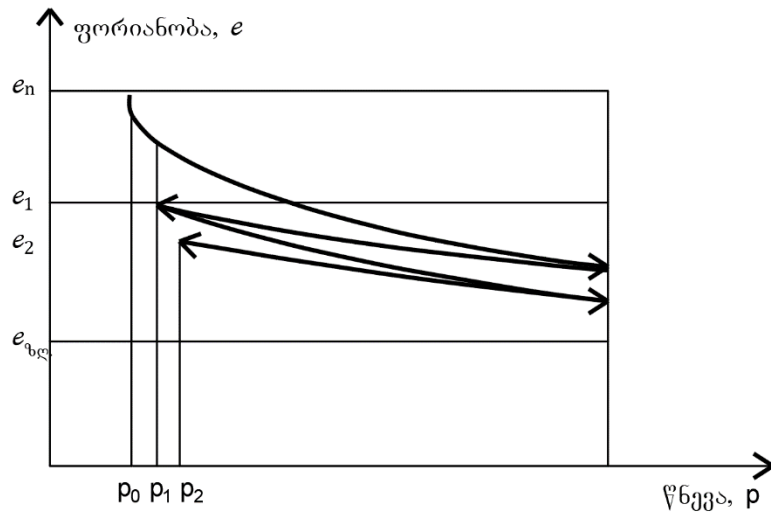
ქვიშნარისა და თიხოვანი გრუნტების გამკვრივების მექანიზმებს შორის არსებობს პრინციპული განსხვავება, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ თიხოვანი გრუნტის შემთხვევაში ადგილი აქვს შემდეგ თავისებურებებს:

- გამკვრივების ინიციაციისთვის აუცილებელია წნევის საწყისი ნახტომი;
- წნევის მოხსნის შემდეგ ხდება არასრული დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში - ტიკსოტროპია (ნახ.1).



ნახ. 1. ტიკსოტროპული სისტემის (ა) და კვაზიტიკსოტროპული ბუნებრივი გრუნტების (ბ, გ) სიმტკიცის აღდგენის კინეტიკა

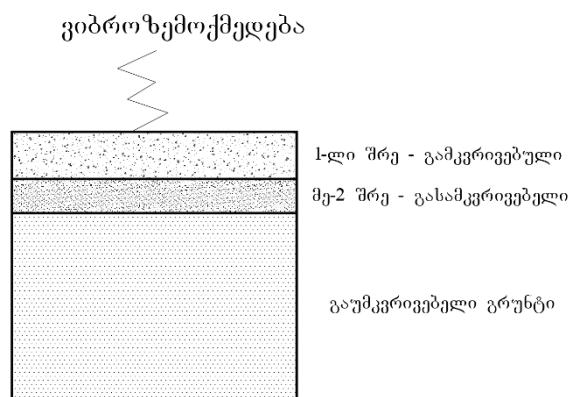
თიხოვანი გრუნტის ფორიანობის დამოკიდებულება წნევაზე ვიბრაციული ზემოქმედებისას წარმოადგენილია ნახ.2.-ზე. ეს გრაფიკი აგებულია კ. ტერცაგის მოდელის საფუძველზე. ასევე, წნევის საწყისი ნახტომის (გრადიენტზე) შესახებ მდგომარეობის გათვალისწინებით გამკვრივების ინიციაციის დროს. გარდა ამისა, წნევის გრადიენტი იზრდება კონსოლიდაციის პროცესის მიმდინარეობის მიხედვით და გრუნტის სიმკვრივის გაზრდის შესაბამისად.



ნახ. 2. თიხოვანი გრუნტის ფორიანობის დამოკიდებულება წნევაზე  
ვიბრაციული ზემოქმედებისას

თიხოვანი გრუნტის ახალი მდგომარეობის ფიქსაცია ხდება თიხის უნიკალური თვისების გამო - მყარი და თხევადი ფაზების დიდი მსგავსება, რაც, დატვირთვის მოხსნის შემდეგ იწვევს სივრცითი - დამაკავშირებელი ქსელის სწრაფ ფორმირებას, აფიქსირებს გრუნტის ახალ მიკრო და მაკრო სტრუქტურას, რომელშიც შერწყმულია ახალი და ძველი ელემენტები; ამგვარად თიხაში ვლინდება ფორმის მეხსიერებისა და ფიზიკურ - მექანიკური ზემოქმედების ეფექტები;

ვიბრაციული კონსოლიდაციის განვითარება გამკვრივების საწყისი სტადიის დასრულების შემდეგ შეიძლება აღწერილი იყოს შრეობრივი კონსოლიდაციის მოდელი (ნახ.3). პირველი გამკვრივებული შრე ხდება გამტარი დატვირთვის გადასაცემად ტალღების წყაროდან მეორე გასამკვრივებელ შრემდე. ამ დატვირთვის გადაცემას თანსდევს ტალღების ამპლიტუდის გარკვეული კარგვა (მიღევა). მეორე გასამკვრივებელი შრე, ამგვარად, მკვრივდება ნაკლებ სიღრმეზე. შემდეგ პროცესი მიმდინარეობს გასამკვრივებელი ზონის გრუნტის სიღრმეში წინსვლის მიხედვით ახალი გასამკვრივებელი შრის სისქის თანამიმდევრული შემცირებით პროცესის სრულ მიღევამდე. ასეთია ვიბრაციული კონსოლიდაციის აღწერილობითი ფიზიკური მოდელი.



ნახ. 3. შრეობრივი კონსოლიდაციის მოდელი ვიბრაციული ზემოქმედებისას

ანალიტიკურად ფილტრაციის სიჩქარეები შრეობრივად შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:  
- პირველ შრეზე:

$$\omega_{CB} = \frac{K_{CB} \delta_{CB}}{\eta [\ln \cos(\xi t + \varphi) + 1]} \frac{\Delta p - p_1}{r}$$

- მეორე შრეზე:

$$\omega_{CB2} = \frac{K_{CB} \delta_{CB}}{\eta [\ln \cos(\xi t + \varphi) + 1]} \frac{\Delta p_1 - p_2}{r}$$

და შემდგომ ანალოგიურად.

ფილტრაციის სიჩქარის დონის შესაფასებლად ერთი შრიდან შემდგომისკენ შემოდის  $\beta$  სიჩქარის მიღების მაჩვენებელი:

$$\beta = \frac{\omega_{CB2}}{\omega_{CB1}}$$

წინა ფორმულების გამოყენებით, გვაქვს:

$$\beta_{2-1} = \frac{\Delta p_1 - p_2}{\Delta p - p_1}$$

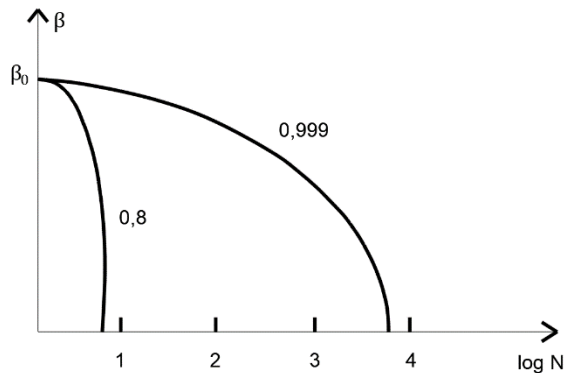
ცხრილში წარმოდგენილია გათვლითი მონაცემები სიჩქარის ზოგადი მიღების მაჩვენებლებზე შრეებსშორისი მიღების სხვადასხვა დონეებისა და შრეების რაოდენობისას.

ცხრილი 1.

სიჩქარის საერთო მიღების მაჩვენებლები შრეებსშორისი მიღების სხვადასხვა დონეებისა და შრეების რაოდენობისას

| $\beta_{2-1}$ | $\beta$ შრეების რაოდენობისას |        |         |         |
|---------------|------------------------------|--------|---------|---------|
|               | 10                           | 100    | 1000    | 10000   |
| 0,999         | 0,99                         | 0,9    | 0,37    | 0,00005 |
| 0,99          | 0,9                          | 0,37   | 0,00004 | 0,0     |
| 0,9           | 0,35                         | 0,0003 | 0,0     | 0,0     |
| 0,8           | 0,11                         | 0,0    | 0,0     | 0,0     |

ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ვიბრაციული ზემოქმედების ისეთ ტექნოლოგიებს, რომლებშიც მიღების დონეები 0,999-ზე მეტია. მე-4 ნახაზზე წარმოდგენილია ფილტრაციის სიჩქარის გრუნტის გასამკვრივებელი შრეების რაოდენობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.  $\beta_0$  ფილტრაციის საწყისი სიჩქარე განისაზღვრება გამოსახულებით  $\frac{K_{CB} \delta_{CB}}{\eta} \frac{\Delta p - p_i}{r}$ ,



ნახ. 4. ფილტრაციის სიჩქარის დამოკიდებულება გრუნტის გასამკვრივებელი შრეების რაოდენობაზე

ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ შექმნილ მოდელებში არსებობს პარამეტრები, რომლებიც ექსპერიმენტულად ჯერ კიდევ არ არის განსაზღვრული. გარდა ამისა, აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ „დარსის“ კანონს აქვს რიგი შეზღუდვები თიხოვანი გრუნტების გამოყენებასთან მიმართებით. კერძოდ, დარსის კანონში არ არსებობს თიხოვანი გრუნტების ისეთი თავისებურებები, როგორიცაა თხევადი ფაზის ფიზიკურ-ქიმიური ურთიერთქმედება გრუნტის მყარ ფუძესთან, რომლებიც იწვევენ თხევადი ფაზის მოძრაობის გართულებას გრუნტის ფორებში. შედეგად, ვიბრაციული დატვირთვისას შექმნილი ორთქლის წნევა იხარჯება პირველ რიგში თხევადი ფაზის შეჭიდების ძალებისა და მყარი ფუძის გადალახვაზე და მხოლოდ შემდეგ ჩნდება შესაძლებლობა სითხის გადასადგილებლად ფორებში. შემდგომ, ტერცაგი - დარსის მიახლოებისას არ განიხილება ფოროვანი სივრცის რთული სტრუქტურა, რომელშიც მხოლოდ ფორების ნაწილმა შეიძლება მიიღოს მონაწილეობა სითხის ტრანსპორტში. თიხოვანი გრუნტების ფორების დიდ ნაწილს გააჩნია მცირე ზომები და კაპილარული ძალების გამო არ შეუძლიათ სითხის გადატანა. მსხვილ ფორებს, პოტენციურად პერსპექტიულებს სითხის ტრანსპორტისთვის, შეუძლია ჰქონდეთ ჩიხოვანი უბნები ან დახშული იყოს კოლოიდური ნაწილაკებით. ამგვარად, სითხის ტრანსპორტში შეიძლება მონაწილეობა მიიღოს საერთო ფორიანობის მხოლოდ გარკვეულმა ნაწილმა, ამავე დროს, სატრანსპორტო ფორების წილი წარმოადგენს ახალ პარამეტრს, რომლის განსასაზღვრავად აუცილებელია შესაბამისი მეთოდების დამუშავება.

დასასრულს, ტერცაგი-დარსის მიახლოების ფარგლებში რთულია ვიბროზემოქმედების ამპლიტიდურ-სიხშირული დამოკიდებულებების კვლევა. ამის გამო, მიზანშეწონილია თიხოვანი გრუნტების ვიბროკონსოლიდაციის მოდელირების გაგრძელება სხვა მიდგომების გამოყენებით.

## დასკვნა

დამუშავებულია ბმული გრუნტების კონსოლიდაციის მოდელირებისა და გათვლის პროცესების მეთოდები ვიბრაციული ზემოქმედებისას ტერცაგი - დარსის მიახლოებაში, ასევე ბმული გრუნტის კონსოლიდაციის მათემატიკური ჰიდროდინამიკური მოდელი.

აღწერილია ფიზიკური მექანიზმები და შემოთავაზებულია ანალიტიკური თანაფარდობები თიხოვანი გრუნტის კონსოლიდაციის პროცესის ასაღწერად ვიბრაციული

ზემოქმედებისას. ნაჩვენებია, რომ ბმულ გრუნტებში განსაკუთრებულ როლს თამაშობდნენ კოლოიდური ჰიდრატირებული ნაწილაკები - შუალედური ფაზა მყარ და თხევად ფაზებს შორის.

შემოთავაზებულია თიხოვანი გრუნტის კონსოლიდაციის მათემატიკური ჰიდროდინამიკური მოდელის პრინციპები და ანალიტიკური გადაწყვეტილებები. დამუშავებულია თიხოვანი გრუნტის ფორების კლასიფიკაცია.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. Терцаги, К. Теория механики грунтов/ К. Терцаги. - М.: Стройиздат, 1961. -507с.;
2. Von Terzaghi K. Die Berechnung der Durchlässigkeit des Tones aus dem Verlauf der hydromechanischen Spannungserscheinungen // Sitzungsber. Akad.Wissensch. Math.-Naturwiss. Klasse- 1923.-132-S. 125-128;
3. Долгов, Д.В. Принципы структурообразования в грунтовых материалах/ Д.В. Долгов// Транспортное дело России. - 2011. - №10. - С . 117-118;
4. Вознесенский, Е. А. Динамическая неустойчивость грунтов./ Е. А. Вознесенский. - М.: Эдиториал УРСС, 1999. - 263 с.

**General principles of modeling bound soils in highway embankments**

**George Khatiaashvili**

**Abstract**

Based on the data presented in the work, we can point to a number of provisions that should be embedded in the basis of modeling of cohesive soils. In this work, an unconventional algorithm for developing the technology is implemented: systematic cascade modeling to determine the mechanisms controlling dynamic consolidation - experimental tests of soils using a systematic methodology - development of accelerated consolidation technology with time-controlled kinetic parameters. The work focuses on the development of a mathematical model of cohesive soil consolidation under vibration. The development of vibration consolidation after the initial stage of hardening is also discussed in the layered consolidation model.

**Общие принципы моделирования связанных грунтов в насыпях автодорог**

**Георгий Хатиашвили**

**Резюме**

На основании представленных в статье данных можно выделить ряд положений, которые следует положить в основу моделирования грунтов. В работе реализован нетрадиционный алгоритм разработки технологии: системное каскадное моделирование для определения механизмов, управляющих динамической консолидацией - экспериментальные испытания грунтов с использованием системной методики - разработка технологии ускоренной консолидации с контролируемыми во времени кинетическими параметрами. В статье рассматривается разработка математической модели консолидации грунтов при вибрационном воздействии. Также обсуждается развитие вибрационной консолидации после начальной стадии твердения с использованием модели послойной консолидации.

## მექატრონიკური სისტემების განვითარების ძირითადი ტენდენციები

ხათუნი ამკოლაძე\*, ნია ნათბილაძე\*\*

*\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

*ელ. ფოსტა: [k.amkoladze@gtu.ge](mailto:k.amkoladze@gtu.ge)*

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

*ელ. ფოსტა: [n.natbiladze@gtu.ge](mailto:n.natbiladze@gtu.ge)*

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მექატრონიკული სისტემების განვითარების ძირითადი ტენდენციები, მათ შორის ინტელექტუალური ტექნოლოგიების ინტეგრაცია, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება, სენსორული სისტემების გაუმჯობესება და ენერგოეფექტურობის გაზრდა. ანალიზში გამოავლინა პროგრესის ძირითადი სფეროები, როგორც კიბერ-ფიზიკური სისტემები, ინდუსტრია 4.0 და ინტერნეტ-შეტყობინებები (IoT), რობოტიკა და ავტონომიური სისტემები, ხელოვნური ინტელექტი (AI), ენერგოეფექტურობა და მდგრადობა. ამ ტექნოლოგიების განვითარება ხელს უწყობს უფრო ადაპტირებული, ინტელექტუალური და ეფექტური მექატრონიკული მოწყობილობების შექმნას, რომლებიც გამოიყენება ინდუსტრიაში, ტრანსპორტში, მედიცინაში და სხვა სფეროებში. სტატიაში ხაზგასმულია შემდგომი კვლევისა და ახალი გადაწყვეტილებების დანერგვის მნიშვნელობა მექატრონიკული სისტემების მუშაობისა და ფუნქციონირების გასაუმჯობესებლად.

**საკვანძო სიტყვები:** მექატრონიკა, ინდუსტრია 4.0, რობოტიკა, ხელოვნური ინტელექტი, ინტერნეტ-შეტყობინებები, მიკროელექტრომექანიკური სისტემები, ავტომატიზაცია, ტენდენციები.

### შესავალი

მექატრონიკა წარმოადგენს ინჟინერიის ერთ-ერთ ინოვაციურ და ფართოდ განვითარებად დარგს, რომელიც აერთიანებს მექანიკურ, ელექტრონულ, კომპიუტერულ და კონტროლის ტექნოლოგიებს. დღესდღეობით, მექატრონიკა არა მხოლოდ ამცირებს ადამიანის ჩართულობას სისტემების მართვაში, არამედ უზრუნველყოფს ავტომატიზაციისა და ოპტიმიზაციის ახალ დონეს. ამ სფეროს სწრაფი განვითარება ხორციელდება ინდუსტრია 4.0-ის, ხელოვნური ინტელექტის, რობოტიკისა და ინტერნეტ-შეტყობინებების მხარდაჭერით, რაც ხელს უწყობს სხვადასხვა ინდუსტრიების ეფექტურობისა და სიზუსტის გაუმჯობესებას. მექატრონიკის ინტერდისციპლინარული ბუნება უზრუნველყოფს ინოვაციური სისტემების შექმნას, რომლებიც პოტენციურად შეიცვლიან წარმოების, ტრანსპორტის, მედიცინის და სხვა მრავალი ინდუსტრიის მომავალს. ამ სტატიის მიზანია, შევისწავლოთ მექატრონიკის არსი, მისი ძირითადი კომპონენტები და მისი როლი თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარებაში, განსაკუთრებით იმ

ტენდენციების მიხედვით, რომლებიც განაპირობებენ მის ზრდასა და რევოლუციურ ცვლილებებს.

სტატიის მიზანია გავანალიზოთ მექატრონიკული სისტემების განვითარების ძირითადი ტენდენციები, გამოვყოთ ძირითადი ცნებები და ტექნოლოგიები, რომლებიც აყალიბებენ ამ სფეროს მომავალს.

### ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე მექატრონიკული სისტემები მთავარ როლს თამაშობენ მრეწველობის, ტრანსპორტის, მედიცინისა და სხვა სფეროების განვითარებაში. ისინი წარმოადგენენ კომპლექსურ ტექნიკურ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც აერთიანებს მექანიკას, ელექტრონიკას, პროგრამულ უზრუნველყოფას და კონტროლის სისტემებს. ბოლო წლებში ეს სფერო სწრაფად ვითარდებოდა მოწინავე ტექნოლოგიების დანერგვის გამო.

თანამედროვე მექატრონიკული სისტემები ვითარდება რამდენიმე ძირითადი მიმართულებით, მათ შორის გაზრდილი ავტონომია, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება, გაუმჯობესებული სენსორული ტექნოლოგიები და ციფრული გადაწყვეტილებების ინტეგრაცია. განვიხილოთ ამ ტენდენციების ძირითადი ასპექტები უფრო დეტალურად.

#### ინდუსტრია 4.0 და ინტერნეტ-შეტყობინებები (IoT)

ინდუსტრია 4.0 და ინტერნეტ-შეტყობინებები (IoT) ორი მჭიდროდ დაკავშირებული კონცეფციაა, რომლებიც იწვევს უფრო ჰივანი, ეფექტური და ურთიერთდაკავშირებული სისტემების განვითარებას. ინდუსტრია 4.0 წარმოადგენს მეოთხე ინდუსტრიულ რევოლუციას, რომელიც მოიცავს უახლეს ტექნოლოგიებსა და პროცესებს, და მიზნად ისახავს სრულად ავტომატიზირებული და ინტელექტუალური წარმოების გარემოს შექმნას. ინტერნეტ-შეტყობინებები (IoT) მექატრონიკურ სისტემებში საშუალებას აძლევს მოწყობილობებს ერთმანეთთან დაუკავშირდნენ და ინტეგრირდნენ სენსორებთან, რაც ხელს უწყობს სისტემებს მონიტორინგსა და ოპტიმიზაციაში. IoT ტექნოლოგიები უზრუნველყოფენ მონაცემების სწრაფ და ეფექტურ გადაცემას, რაც იძლევა შესაძლებლობას, განხორციელდეს რეალური დროის მართვა და ოპტიმიზირდეს შეზღუდვები.

#### რობოტიკა და ავტონომიური სისტემები

რობოტიკა და ავტონომიური სისტემები არის ორი აქტუალური და სწრაფად განვითარებადი სფერო, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ თანამედროვე ტექნოლოგიურ ევოლუციაში. ორივე სფერო ეფუძნება ავტომატიზაციას, თუმცა თითოეული მათგანი განსხვავდება ტექნოლოგიური მიდგომებითა და მათი გამოყენების სფეროებით. ბოლო წლებში რობოტიკის განვითარება განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს. მექატრონიკური სისტემების განხორციელებისთვის რობოტებს ძირითადად იყენებენ წარმოებაში, მათ შორის ავტომატიზებული ხაზების პროცესების შესასრულებლად, სამედიცინო პროცედურებში და საგზაო უსაფრთხოების სფეროებში. ავტონომიური სისტემები კი ისეთ მოწყობილობებს წარმოადგენს, რომლებიც დამოუკიდებლად იღებენ გადაწყვეტილებებს და ასრულებენ ამოცანებს გარემოდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე, არ საჭიროებენ ადამიანის ჩარევას. ავტონომიური რობოტების და სისტემების განვითარება დიდი გავლენას ახდენს მრეწველობაზე, ჯანდაცვაზე, ტრანსპორტზე და სხვა მრავალ სფეროზე. ამ მიმართულებით

განსაკუთრებით აღსანიშნავია წარმოების სექტორი, სადაც რობოტები და ავტომატიზაცია შეუცვლელ ელემენტებად იქცნენ.

#### **ხელოვნური ინტელექტი (AI) და მექატრონიკა**

მექატრონიკაში AI ტექნოლოგიები გამოიყენება სხვადასხვა რობოტებისა და ავტომატიზირებული სისტემების შექმნაში, რომლებიც ადაპტირდებიან გარემოს ცვლილებებზე, ახდენენ მონაცემთა ანალიზს და ოპტიმიზაციას. მაგალითად, მექატრონულ რობოტებში AI გამოიყენება სენსორებიდან და კამერებიდან მიღებული მონაცემების ანალიზისთვის, რაც საშუალებას აძლევს რობოტს უკეთ მოერგოს სამუშაო გარემოს და დამოუკიდებლად შეასრულოს დავალებები, რომლებიც ადრე ადამიანის ჩარევას მოითხოვდა.

ამ ინოვაციური ტექნოლოგიების კომბინაცია ქმნის უფრო ეფექტურ, დინამიურ და ჭკვიან სისტემებს, რომლებიც აკონტროლებენ წარმოების პროცესებს, მართავენ მანქანებს და აუმჯობესებენ სამუშაო პროცესებს. AI და მექატრონიკა მომავალში წარმოქმნის უფრო სრულყოფილ სისტემებს, რომლებიც მოიცავენ სენსორებს, ავტომატიზაციას, რობოტიკას და სამრეწველო ინტერნეტს.

#### **მიკროელექტრომექანიკური სისტემები (MEMS) და მცირე ზომის ტექნოლოგიები**

მიკროელექტრომექანიკური სისტემების ტექნოლოგია მუდმივად ვითარდება, რის შედეგადაც შესაძლებელია უფრო კომპაქტური, სწრაფი და ენერგოეფექტური მოწყობილობების შექმნა. მიკროელექტრომექანიკური სისტემების (MEMS) ტექნოლოგიები ქმნიან ახალ შესაძლებლობებს, როგორიცაა მაღალტექნოლოგიური სენსორები, რომლებიც ინტეგრირდებიან მექატრონიკურ სისტემებში, რაც მათ უფრო მოქნილს და ეფექტურს ხდის.

#### **ენერგოეფექტურობა და მდგრადობა**

მექატრონიკული სისტემების განვითარებაში იზრდება ყურადღება ენერგოეფექტურობასა და გარემოსთან შედარებით მდგრადი სისტემების შექმნაზე. ენერგოეფექტურობა გულისხმობს ენერგიის მოხმარების ოპტიმიზაციას და ხარჯების შემცირებას, რაც საშუალებას იძლევა ნაკლები ენერგიის გამოყენებით დაიცვას იგივე შედეგი. ეს ეხება სხვადასხვა სფეროს, მათ შორის წარმოებას, შენობებს, ტრანსპორტსა და სხვა. მდგრადობა ეხება გარემოს, ეკონომიკური ზრდის და სოციალური თანასწორობის დამკვიდრებას, რათა უზრუნველყოფილი იქნას რესურსების ეფექტური გამოყენება ისე, რომ მომავალ თაობებს არ შეექმნათ პრობლემა მათი საჭიროებების დაკმაყოფილებაში. ენერგოეფექტურობა და მდგრადობა მჭიდროდაა დაკავშირებული, რადგან ენერგიის მოხმარების ოპტიმიზაცია ხელს უწყობს რესურსების ეფექტურ გამოყენებას, ამცირებს გარემოს გადატვირთვას და ხელს უწყობს გარემოს დაცვას.

#### **მექატრონიკური სისტემების განვითარების პერსპექტივები**

მექატრონიკულ სისტემებს, რომლებიც ყოველდღიურად გამოიყენება სხვადასხვა ინდუსტრიაში და მოწყობილობების წარმოებაში, მომავალში უფრო ინტეგრირებული და 'ჭკვიანი' გახდება. მომავალი ტენდენციები მოიცავს უფრო გრძელვადიანი, ინტელექტუალური და მდგრადი სისტემების შექმნას. ამ განვითარებამ უნდა შეუწყოს ხელი უფრო მოქნილი წარმოების პროცესების განხორციელებას, რაც დადებითად იმოქმედებს როგორც კომპანიების კონკურენტუნარიანობაზე, ასევე გარემოს დაცვაზე.

საყურადღებოა შემდგომი კვლევისა და ახალი გადაწყვეტილებების დანერგვის მნიშვნელობა მექატრონიკულ სისტემებში. თანამედროვე მექატრონიკული სისტემები

მთავარ როლს თამაშობენ ავტომატიზაციაში, რობოტიკაში, ტრანსპორტში, მედიცინაში და სხვა სფეროებში. თუმცა, მათი მაღალი ეფექტურობის, ადაპტირებისა და ფუნქციონალურობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია კვლევების გაგრძელება და ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების დანერგვა. კერძოდ:

### **1. გაზრდილი ინტელექტი და ავტონომია**

ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანათმშენებლობის განვითარება შესაძლებელს გახდის შექმნას მექატრონიკული სისტემები, რომლებსაც შეუძლიათ თვითსწავლება, წარუმატებლობის პროგნოზირება და ცვალებად პირობებთან ადაპტაცია. ეს გაზრდის მათ ეფექტურობას და საიმედოობას.

### **2. სენსორული ტექნოლოგიების გაუმჯობესება**

მაღალი მგრძნობელობის მქონე ახალი სენსორების შემუშავება, სხვადასხვა ტიპის სენსორების (ოპტიკური, ტაქტილური, თერმული) კომბინაცია გააუმჯობესებს მექატრონიკული მოწყობილობების სიზუსტეს და გააფართოვებს მათ ფუნქციონირებას.

### **3. ციფრული ტექნოლოგიების ინტეგრაცია**

ციფრული ტყუპების, ნივთების ინტერნეტის (IoT) და კიბერ-ფიზიკური სისტემების დანერგვა საშუალებას მისცემს რეალურ დროში მექატრონიკული სისტემების ზუსტი მოდელირებას, მონიტორინგს და კონტროლს. ეს შეამცირებს ტექნიკურ ხარჯებს და გააუმჯობესებს აღჭურვილობის მუშაობის პროგნოზირებადობას.

### **4. ენერგოეფექტურობა და ეკოლოგიურობა**

ენერგიის დაზოგვის ალგორითმების, ენერგიის აღდგენისა და ენერგიის ალტერნატიული წყაროების გამოყენება (როგორცაა მზის და კინეტიკური ენერგია) გახდის მექატრონიკულ სისტემებს უფრო ეკონომიურს და გამძლეს გარე გარემოში ცვლილებების მიმართ.

### **5. ნანომექატრონიკის მინიატურიზაცია და განვითარება**

კვლევა მიკრო და ნანომექატრონიკის სფეროში გამოიწვევს უფრო კომპაქტური და ეფექტური სისტემების შექმნას, რომლებიც მოთხოვნილია მედიცინაში (ნანორობოტები დიაგნოსტიკისა და მკურნალობისთვის), ელექტრონიკასა და მრეწველობაში.

## **დასკვნა**

ამრიგად, ნაშრომში გაანალიზებულია მექატრონიკური სისტემების განვითარების ტენდენციები, რომელიც გვიჩვენებს, რომ განვითარების ძირითადი ტენდენციების განსაზღვრა და შესწავლა, მათი გავლენა თანამედროვე ტექნოლოგიებზე, ასევე პერსპექტიული სფეროების ანალიზი მნიშვნელოვანია ინტელექტუალური და ადაპტური გადაწყვეტილებების ინტეგრაციისთვის. მექატრონიკური სისტემების განვითარება წარმოადგენს ძლიერი ინოვაციურ ძალას, რომელიც დაკავშირებულია ტექნოლოგიების ინტეგრაციასთან და დარგის შემდგომ განვითარებასთან, რაც წარმოშობს ახალ შესაძლებლობებს ინდუსტრიის სხვადასხვა სექტორში. მექატრონიკა კვლავაც დარჩება ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ და მზარდ დარგად, რომელიც მნიშვნელოვან როლს შეასრულებს ინდუსტრიული ინოვაციების გზაზე. მომავალში მექატრონიკას კიდევ უფრო დიდი როლი ექნება როგორც ადამიანის ცხოვრების ყოველდღიურობაში, ასევე ტექნოლოგიურ ინოვაციებში. სტატიიდან ნათლად ჩანს, რომ უფრო ეფექტური, ინტელექტუალური და ადაპტური სისტემების შესაქმნელად საჭიროა შემდგომი კვლევები და ინოვაციები მექატრონიკაში. ეს გააფართოვებს მათი გამოყენების ფარგლებს, შეამცირებს ხარჯებს და გაზრდის პროდუქტიულობას მრავალ ინდუსტრიაში. ახალი

გადაწყვეტილებების დანერგვა განსაზღვრავს მექატრონიკული ტექნოლოგიების მომავალს და უზრუნველყოფს მათ შესაბამისობას თანამედროვე ინდუსტრიის მოთხოვნებთან.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. ხ. ამცოლაძე, ი. შურღაია, „მექატრონიკის საფუძვლები“, სტუ., 2023წ.;
2. Jerzy Swider, Siawomir Kciuk, MaciejTrojacki, “Mechatronics 2017 - Ideas for industrial applications”, 2019;
3. Godfrey C. Onwubolu, "**Mechatronics: Principles and Applications**"; ISBN, 0750663790, 2005;
4. Eugenio Brusa, “Mechatronics”, ISBN:9781634828017, by : "[Nova](#)". (New York:), 2015;
5. Devdas Shetty & Richard A. Kolk, "Mechatronics System Design", ISBN: 9788131518281, 2012.

**Trends in the development of mechatronic systems**

**Khatuni Amkoladze, Nia Natbiladze**

**Abstract**

The article discusses the main trends in the development of mechatronic systems, including the integration of intelligent technologies, the use of artificial intelligence, the improvement of sensor systems, and increasing energy efficiency. The analysis identified key areas of progress, such as cyber-physical systems, Industry 4.0 and Internet of Things (IoT), robotics and autonomous systems, artificial intelligence (AI), energy efficiency, and sustainability. The development of these technologies contributes to the creation of more adaptive, intelligent, and efficient mechatronic devices used in industry, transport, medicine, and other fields. The article emphasizes the importance of further research and the implementation of new solutions to improve the performance and functionality of mechatronic systems.

**Тенденции развития мехатронных систем**

**Хатуни Амколадзе, Ния Натбиладзе**

**Резюме**

В статье рассматриваются основные тенденции развития мехатронных систем, в том числе интеграция интеллектуальных технологий, использование искусственного интеллекта, совершенствование сенсорных систем, повышение энергоэффективности. Анализ выявил ключевые области прогресса, такие как киберфизические системы, Индустрия 4.0 и Интернет вещей (IoT), робототехника и автономные системы, искусственный интеллект (ИИ), энергоэффективность и устойчивое развитие. Развитие этих технологий способствует созданию более адаптивных, интеллектуальных и эффективных мехатронных устройств, используемых в промышленности, транспорте, медицине и других областях. В статье подчеркивается важность дальнейших исследований и внедрения новых решений для повышения производительности и функциональности мехатронных систем.

## Металлические сплавы на основе магния и их применение в различных отраслях техники

Зураб Мchedlishvili\*, Нана Рачвелишвили\*\*

*\*Грузинский технический университет, департамент инженерной графики и технической механики, асоциированный профессор, E-mail: zurab.mch@mail.ru;*

*\*\*Грузинский технический университет, химический департамент, асоциированный профессор  
(Грузинский технический университет, ул. Костава №71, 0175,  
Тбилиси, Грузия)*

**Резюме:** Легкий металл магний по распространенности в земной коре занимает среди металлов третье место после алюминия и железа. Однако для промышленного производства металлов могут использоваться далеко не все соединения магния как исходное сырье. В природе наиболее часто встречаются силикаты и сульфиды магния, которые с большим трудом поддаются химической обработке. Гораздо легче перерабатываются карбонатные породы содержащие окиси магния, диломит и магнезит. Для промышленного получения магния чаще всего используются его хлориды, в частности двойная соль магния--карналлит ( $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ ). Чистый магний обладает недостаточно высоким комплексом механических свойств, поэтому в технике в основном используют магниевые сплавы.

**Ключевые слова:** Материал, сплав, обработка, прочность, удлинение.

### Введение

Из всего производимого магния около половины используется для легирования алюминиевых сплавов, остальной полученный магний расходуется в производстве магниевых сплавов. Чистый магний не обладает высокими механическими и прочностными свойствами. Исходя из этого в технике используются сплавы на его основе. Магниевые сплавы обладают большой удельной прочностью, поэтому их внедрение в качестве конструкционных материалов позволяет уменьшить массу машин и агрегатов.

### Основная часть

Полученный в результате технологических процессов чистый магний представляет собой белый серебристый металл, точка плавления которого  $650^{\circ}C$ . Это самый легкий технический металл и его плотность  $\gamma = 1.74 \text{ г/см}^3$ . По своей структуре магний относится к металлам с гексагональной кристаллической решеткой. На открытом воздухе он как и алюминий покрывается окисной пленкой. Магний заметно отличается от бериллия размерами атома и иона. От своего соседа по периоду – алюминия – магний отличается меньшим числом валентных электронов и относительно большим размером атома. Исходя из этого у магния металлические

признаки проявляются сильнее чем у бериллия и алюминия. К примеру, для магния менее характерно образование ковалентной связи с другими элементами, чем для бериллия и алюминия. В этом отношении он ближе к элементам подгруппы кальция.

В природе магний находится в виде трех стабильных изотопов  $^{24}\text{Mg}$ (78,6%),  $^{25}\text{Mg}$ (10,11%),  $^{26}\text{Mg}$ (11,29%), получены и искусственные изотопы. Магний входит в состав таких силикатных минералов как например оливин  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  а так же в состав таких карбонатных минералов как доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  и магнезит  $\text{MgCO}_3$ . В техническом отношении самое важное значение имеет минерал карналит;



Магний активный металл и легко взаимодействует с галогенами, с соответствующими металлами он образует эвтектические смеси, твердые растворы и интерметаллические соединения, из которых состоят его сплавы. Один из наиболее применяемых сплавов магния является электрон, который кроме основного состава магния содержит



Магний создает интерметаллические соединения со следующими металлами:  $\text{Mg}_3\text{Al}_2$ ,  $\text{Mg}_3\text{Sb}_2$ ,  $\text{Mg}_2\text{Pb}$ . Бинарные соединения  $\text{Mg}$  в зависимости от природы более электроотрицательного элемента, могут быть как преимущественно металлическими так и преимущественно ионными. Например  $\text{Mg}_3\text{Al}_2$  —является преимущественно металлическим соединением, а  $\text{MgCl}_2$  преимущественно ионным соединением. По химической природе в соединениях магний создает с соответствующими элементами основы, такие как  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .

Прочность на растяжения чистого магния в литом состоянии составляет  $\sigma_B = 80 - 120 \text{ Н/мм}^2$ , а относительное удлинение при разрыве 4 – 6%, поэтому его не используют в качестве конструкционного материала. Магний образует сплавы со многими металлами, в частности магний-алюминий-цинк и магний – церий-цирконий.

В последние годы в качестве конструкционных материалов все чаще используют деформируемые магниевые сплавы по сравнению с литейными сплавами. Хорошие механические свойства эти сплавы приобретают при содержании в них 3 – 7% алюминия и 0,5 – 1% цинка. Например сплав марки  $\text{MgAl6Zn}$  —имеет предел прочности на застяжение  $\sigma_B = 260 - 290 \text{ Н/мм}^2$ , а относительное удлинение при разрыве 6 – 10%. Литейные сплавы этой группы менее прочны, чем деформируемые, они содержат 6 – 10% алюминия и 1 – 3% цинка. Например у литейного сплава  $\text{MgAl17Zn1}$  —прочность на разрыв равен  $\sigma_B = 160 - 200 \text{ Н/мм}^2$ , а относительное удлинение при разрыве составляет 2 – 6%.

С целью повышения прочностных свойств магниевых сплавов в них добавляют цирконий, что способствует образованию более мелкого зерна и этим улучшаются их механические свойства. С добавлением таких элементов, как церий и торий

повышается жаропрочность и горячая твердость сплавов. Например если взять образец сплава магний-алюминий-цинк и нагреть его до температуры 150°C, то удлинится на 0,1% в течении 1000ч при нагрузке  $\sigma = 10 \text{ Н/мм}^2$ , тогда как у жаропрочных магниевых сплавов такая же деформация наступает при шестикратной нагрузке.

В самолетостроении из магниевых сплавов изготавливают колеса и вилки шасси, различные рычаги, корпуса приборов, коробок передач, детали планера самолетов, фонари и двери кабин. Эти сплавы активно применяли в годы второй мировой войны в германии, как конструкционные материалы крыльев и фюзеляжей их военных истребителей и бомбандировщиков. Сейчас их успешно используют в конструкциях вертолетов, а так же ракет. Из них изготавливают оптекатели, топливные и кислородные баки, опорные узлы и стабилизаторы.

Магниевые сплавы нашли широкое применение в конструкции автомобилей, в частности в гоночных, из них изготовляют колеса, картеры, крышки, насосы. Магниевые сплавы обладают высокой демпфирующей способностью, поэтому из них изготавливают кожуха для размещения электронной аппаратуры баллистических ракет и управляемых снарядов.

### Заклучение

Все преимущества этого металла в сравнении с остальными, дают основание утверждать, что в недалеком будущем он найдет более широкое применение во многих отраслях машиностроения, причем не только как легирующая добавка, средство для восстановления и очистки металлов или для целей катодной защиты разных металлов от коррозии, но как основной компонент конструкционных материалов.

### Литература

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия – М. Высшая школа, 1981.- 679с.
2. Киреев В. А. Курс физической химии – М. Химия, 1975. – 775с.
3. Геллер Ю. А. Рахштадт А. Г. Материаловедение - М. Металлургия, 1989.- 455с.
4. Арзамасов В. Н. Материаловедение - М. Машиностроение, 1986.-384 с.
5. Гуляев А. П. Металловедение - М. Металлургия, 1986.-541с.

**Magnesium-based metal alloys and their use in various industries**

**Zurab Mchedlishvili, Nana Rachvelishvili**

**Abstract**

Light metal magnesium is the third most common metal in the earth's crust after aluminum and iron. However, not all magnesium compounds as starting materials can be used for commercial metal production. In nature, magnesium silicates and sulfides are most common, which are difficult to chemically process. Carbonate rocks containing magnesium oxides, dolomite and magnesite are much easier to process. For the industrial production of magnesium, its chlorides are most often used, in part, double salt of magnesium – carnallite ( $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ ). Pure magnesium has an insufficiently high set of mechanical properties, therefore, magnesium alloys are mainly used in the technique.

**ლითონთა შენადნობები მაგნიუმის ფუძეზე და მათი გამოყენება**

**ტექნიკის სხვადასხვა დარგებში**

**ზურაბ მჭედლიშვილი, ნანა რაჭველიშვილი**

**რეზიუმე**

მსუბუქი ლითონი მაგნიუმი დედამიწის ქერქში გავრცელების მხრივ იკავებს მესამე ადგილს ალუმინისა და რკინის შემდეგ. მაგრამ ამ ლითონის ფართო წარმოებისათვის საწყის ნაშადად შეიძლება გამოყენებული იქნეს არა ყველა მაგნიუმის ნაერთები. ბუნებაში ყველაზე ხშირად გვხვდება მაგნიუმის სილიკატები და სულფიდები, რომლებიც ძნელად ექვემდებარება ქიმიურ გადამუშავებას. გაცილებით ადვილად გადამუშავდებიან კარბონატული მადნები (დილომიტი, მაგნეზიტი), რომლებიც შეიცავენ მაგნიუმის ჟანგებს. მაგნიუმის წარმოების გზით მისაღებად ყველაზე ხშირად გამოიყენებიან მისი ქლორიდები, კერძოდ მაგნიუმის ორმაგი მარილი - კერნალიტი ( $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ ). სუფთა მაგნიუმს გააჩნია არასაკმარისი კომპლექსული მექანიკური თვისებები, ამიტომ ტექნიკაში ძირითადად იყენებენ მაგნიუმის შენადნობებს.

## Интерметаллидные Сплавы и их применение в машиностроении

Зураб Мchedlishvili\*, Нана Рачвелишвили\*\*

\*Грузинский технический университет, департамент инженерной графики и технической механики, асоциированный профессор, E-mail: zurab.mch@mail.ru;

\*\*Грузинский технический университет, химический департамент, асоциированный профессор  
(Грузинский технический университет, ул. Костава №71, 0175,  
Тбилиси, Грузия)

**Резюме:** Интерметаллиды уже давно применяют в качестве конструкционных материалов в разных отраслях машиностроения. Хорошо известно применение алюминидов и силицидов в качестве защитных покрытий при обработке химически активных металлов. Интерметаллиды являются перспективными конструкционными материалами. Такие материалы как алюминиды титана являются хорошими конструкционными материалами в авиационной и в автомобильной технике, так как обладают малой плотностью, высокой жаропрочностью и хорошими литейными свойствами. Разработаны так же конструкционные материалы на основе других металлов и интерметаллидов не содержащих алюминии.

**Ключевые слова:** Материал, сплав, интерметаллид, прочность, жаростойкость.

### Основная часть

Интерметаллическими соединениями или интерметаллидами называются соединения металлов между собой, причем компонентами интерметаллидов могут быть и полуметаллы-кремний, германий. Интерметаллиды разделяются на следующие основные группы: дальтони́ды, бертолли́ды и фазы Курнакова. Дальтонитами являются фазы постоянного химического состава, а бертоллитами сплавы переменного химического состава. Бертоллиды являются соединениями в состоянии диссоциации т. е. твердыми растворами на основе мнимых интерметаллидов.

В виду широкого разнообразия свойств области применения интерметаллидов и сплавов на их основе очень широки. К этим материалам принадлежат сплавы с особыми физическими и химическими свойствами.

К настоящему времени обнаружено и синтезировано более 1500 интерметаллических соединений, у которых имеется около 200 различных типов кристаллических структур. Ряд интерметаллидов являются перспективными конструкционными материалами, среди них можно выделить следующие:

- 1) Фазы с кубической кристаллической решеткой ( $Ni_3Al$ ,  $Ni_3Si$ ,  $Ni_3Fe$ ,  $Ni_3Mn$ ,  $Zr_3Al$ );
- 2) Фазы с гексагональной кристаллической решеткой ( $Ti_3Al$ ,  $Ti_3Sn$ );
- 3) Алюминиды типа  $Me_3Al$  с кристаллической структурой отличной от двух предыдущих ( $Fe_3Al$ ;  $Nb_3Al$ );
- 4) Алюминиды типа  $MeAl_3$  ( $NbAl_3$ ,  $NiAl_3$ ,  $TaAl_3$ ,  $TiAl_3$ ,  $ZrAl_3$ ); кристаллические структуры которых отличаются между собой.
- 5) Тройные фазы Лавеса ( $TiCr_{1.5}Si_{0.5}$ ;  $TaFeAl$ ;  $TaNiAl$ ;  $NbNiAl$ );
- 6) силициды ( $MoSi_2$ ;  $NbSi_2$ ;  $Ni_3Si$ ;  $TiSi_2$ ;  $Ti_5Si_3$ ;  $Mg_2Si$ ;  $CoSi_2$ );

Эти фазы могут относиться к сверхструктурам Курнакова, бертоллидам и дальтонидам, независимо от их кристаллической структуры. Так, например к сверхструктурам Курнакова принадлежат интерметаллиды  $Ti_3Al$ ,  $Fe_3Al$ ,  $Ni_3Fe$ ,  $Ni_3Mn$ ,  $FeCo$ ; к бертоллидам-  $TiAl$ ,  $Ni_3Al$ ,  $Ni_3Si$ ,  $FeAl$ ,  $Nb_3Al$ ,  $Co_3Ti$ , к дальтонидам-  $NiAl_3$ ,  $NbAl_3$ ,  $TaAl_3$ ,  $TiAl_3$ ,  $Ti_3Sn$ ,  $NiAl$ ,  $CoTi$ ,  $CoZr$ ,  $NiBe$ ,  $ZrAl_3$ ,  $Zr_3Al$ ; силициды.

В следствии высокой жаростойкости, жаропрочности и высокой стабильности алюминиды и сплавы на их основе широко применяются в авиационной, аэрокосмической и автомобильной технике. Так в частности сплавы на основе  $Ti_3Al$  используются для изготовления сопел форсажной камеры авиационного двигателя, сотовых конструкции сверхзвуковых летательных аппаратов и других деталей.

Алюминий существенно понижает плотность сплавов. Так например плотность интерметаллида  $TiAl$  – 2,5 раза меньше, чем у жаропрочных никелевых сплавов. Низкая плотность алюминия способствует повышению удельных характеристик прочности и жаропрочности. Перспективным техническим сплавом в последнее время является интерметаллид  $Mg_2Si$  – которая обладает самой низкой плотностью ( $1,94 \text{ г/см}^3$ ).

Алюминий является недорогим, недефицитным легирующим элементом и по сравнению с другими сплавами сплавы на его основе обладают высоким сопротивлением окислению. Одним из лучших сплавом в этом отношении является интерметаллид  $Fe_3Al$  – обладающий как высокой коррозионной стойкостью, так и жаростойкостью.

Особый интерес представляет интерметаллид с высокой температурой плавления:  $Nb_3Al$  – температура плавления которого ( $1960^\circ\text{C}$ ), предназначенный для работы при температурах выше  $1200^\circ\text{C}$ .

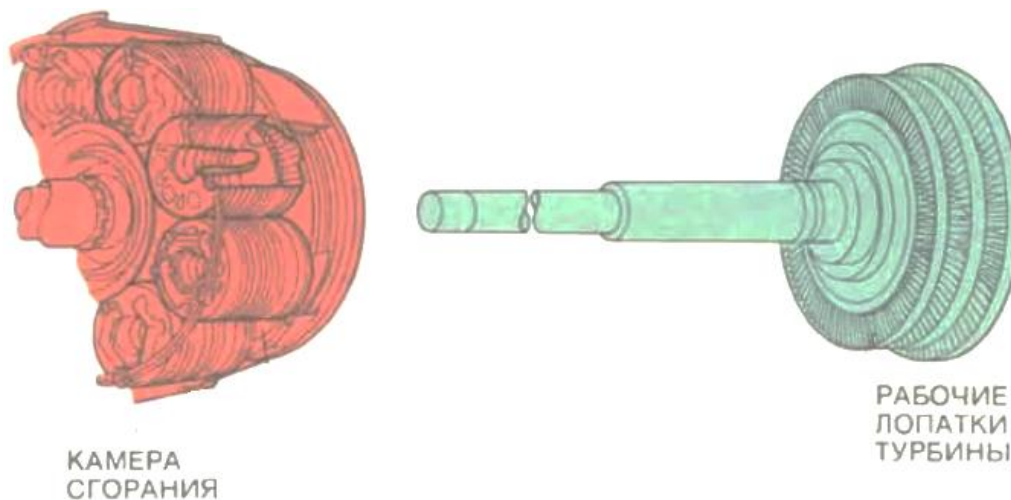


Рис. 1.

Легирующие почти всех промышленных титановых сплавов делается алюминием, так что система  $Ti - Al$  в металловедении титана имеет такое же большое значение, как и система  $Fe - C$  для сталей.

Сплавы на основе  $TiAl$  можно использовать для изготовления статора компрессора, воздушных фильтров камеры низкого давления, деталей сопла, лопаток компрессора и корпуса турбины авиационных двигателей. В замен жаропрочных и нержавеющих сталей интерметаллид  $TiAl$  можно применять для изготовления разных деталей автомобильных двигателей.

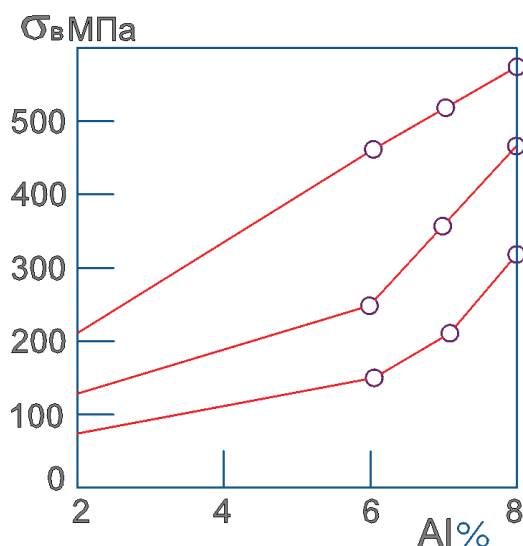


Рис. 2. Влияние содержания алюминия на прочность сплавов  $Ti - Al$  при разных температурах.

Новые сплавы на основе алюминидов никеля  $Ni_3Al$  предназначены для работы при высоких температурах порядка  $1000^{\circ}C$  в агрессивных средах. Из них в частности, могут быть изготовлены поршни, вентили, роторы двигателей для автомобилей.

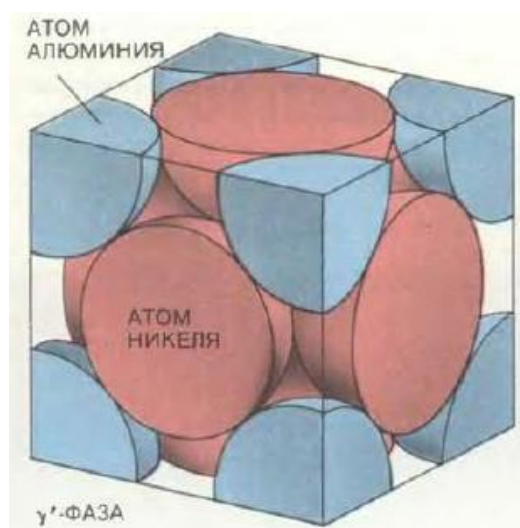


Рис. 3.

Сплавами на основе интерметаллидов являются также так называемые суперсплавы. Это сплавы на основе элементов VIII группы, они были получены в США путем введения небольших добавок титана и алюминия к хромоникелевому сплаву и разработаны для эксплуатации при температурах близких температуре плавления (реактивные двигатели, атомные реакторы, газовые турбины). Алюминий и титан образуют в сплавах основную упрочняющую  $\gamma'$  – фазу т. е.  $Ni_3(Al, Ti)$ .

Известные суперсплавы США на никелевой основе: Astroloy, Inconel 718, Rene 41, железоникелевые сплавы Haynes 556, N 155, кобальтовый сплав L605, работающий при температуре  $980^{\circ}C$ .

Жаропрочные интерметаллиды обладают следующими механическими свойствами:

- 1) Высокая хрупкость, которая не устает при уменьшении количества примесей.
- 2) Хрупкое разрушение при растяжении и пластичное разрушение при сжатии.
- 3) Высокая твердость ( $HV500 - 11000\text{МПа}$ ).
- 4) Аномальная зависимость предела текучести от температуры: низкая прочность при комнатной  $T$  и высокая при повышении  $T$ .
- 5) высокая температура плавления (выше  $2000^{\circ}\text{C}$ ).

Суперсплавы обладают следующими основными структурами:

- 1) Матрица аустенит, когерентные включения при  $\gamma'$  – фазе,
- 2) Кобальтовые сплавы, включения карбиды.
- 3) Зернограничная фаза улучшающая сопротивление разрыву.
- 4) Бориды включающие редкие частицы по границам зерен.
- 5) Плотные упакованные фазы.

Можно сказать, что применение интерметаллических соединений открывают новую эру в создании двигателей для аэрокосмической техники и развития других отраслей машиностроения.

### Литერატურა

1. Ахметов Н. С., Общая и неорганическая химия – М. Высшая школа, 1981, 679 с.;
2. Киреев В. А., Курс физической химии – М. Химия, 1975, 775 с.;
3. Геллер Ю. А., Рахштадт А. Г., Материаловедение - М. Металлургия, 1989, 455с.;
4. Арзамасов В. Н., Материаловедение - М. Машиностроение, 1986, 384 с.;
5. Гуляев А. П., Металловедение - М. Металлургия, 1986, 541с.

### Intermetallic alloys and their Application in mechanical engineering

Zurab Mchedlishvili, Nana Rachvelishvili

#### Abstract

Intermetallics have long been used as structural materials in various engineering industries. It is well known to use aluminides and silicides as protective sheds in the treatment of reactive metals. Intermetallics are promising structural materials. Materials such as titanium aluminides are good structural materials in aviation and automotive technology, as they have low density, high heat resistance and good casting properties. Structural materials based on other metals and intermetallics that do not contain aluminum have also been developed.

### ინტერმეტალიდური შენადნობები და მათი გამოყენება მანქანათმშენებლობაში

ზურაბ მჭედლიშვილი, ნანა რაჭველიშვილი

#### რეზიუმე

ინტერმეტალიდები უკვე დიდი ხანია ფართოდ გამოიყენება მანქანათმშენებლობის სხვადასხვა დარგში კონსტრუქციული მასალების სახით. კარგადაა ცნობილი ალუმინიდებისა და სილიციდების გამოყენება დამცავი დაფარვების სახით ქიმიურად აქტიური ლითონების დამუშავებისას. ინტერმეტალიდები წარმოადგენენ პერსპექტიულ კონსტრუქციულ მასალებს. ისეთი მასალები, როგორიც არიან ტიტანის ალუმინიდები, არიან კარგი კონსტრუქციული მასალები საავიაციო და საავტომობილო ტექნიკაში, იმის გამო, რომ გააჩნიათ დაბალი სიმკვრივე, მაღალი თბოსიმტკიცე და კარგი ჩამოსხმითი თვისებები. შემუშავებულია აგრეთვე კონსტრუქციული მასალები სხვა ლითონებისა და ინტერმეტალიდების ფუძეზე, რომლებიც არ შეიცავენ ალუმინს.

## Определение перемещении свободного конца закрученного относительно своей оси симметрии консольной балки

Раул Турманидзе\*, Зураб мchedlishvili\*\*,

Лали корганашвили\*\*\*

*\*профессор, Факультет транспортных систем и механики инженерии, начальник департамента механики инженерии и производственных технологий;*

*\*\*асоцырованный профессор, Грузинский технический университет, Факультет транспортных систем и механики инженерии, департамент инженерной графики и технической механики,  
E-mail: zurab.mch@mail.ru;*

*\*\*\*асоцырованный профессор, Грузинский технический университет, департамент инженерной механики и технической экспертизы строительного факультета*

(Грузинский технический университет, ул. Костава №71, 0175,  
Тбилиси, Грузия)

**Резюме:** В статье рассмотрен расчет на перемещении конца консольной балки предварительно закрученного относительно своей оси симметрии. Такие стержни применяются в строительных конструкциях и в различных машинных агрегатах, и нуждаются всестороннем исследовании методами сопротивления материалов. Эта задача является фундаментальной задачей строительной механики машин и различных строительных стационарных конструкции.

**Ключевые слова:** стержень, закрутка, перемещение, сечение, изгибающий момент.

### Введение

Некоторые детали различных строительных конструкции и некоторых машинных агрегатов, находятся под воздействием сил приложенных от взаимодействия с различными примикающими деталями. Эти силы вызывают напряженно деформированное состояние этих деталей.

Как известно с целью повышения прочности машиностроительных и строительных конструкции, их некоторым деталям придают закрученную форму, которая значительно повышает их жесткость и грузоподъемность. Кроме этого применение таких деталей позволяет создавать эти конструкции как можно легкими, и производить меньшую затрату материяла во время их изготовления.

### Основная часть

Спиралевидный брус прямоугольного поперечного сечения (рис. 1) нагружен на конце изгибающим моментом. Надо определить поперечные перемещения в горизонтальном и вертикальном направлении. Предварительно заданы его геометрические и механические параметры:  $b$  — высота сечения  $a$  — ширина сечения,  $l \gg b$  — длина стержня,  $E$  — модуль упругости материала стержня,  $M$  — изгибающий момент приложенный в конце стержня.

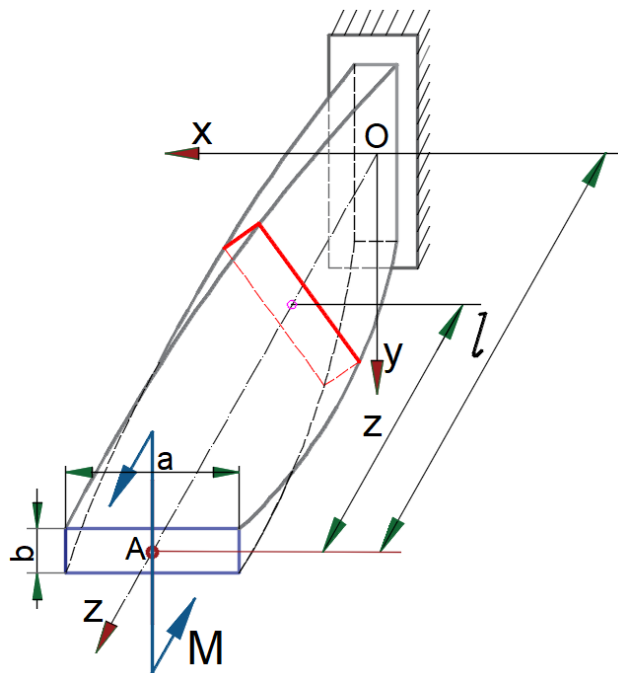


Рис. 1

Рассматриваемый нами стержень одним концом заделан жестко. На свободном его конце приложен момент пары сил  $M$  (Рис. 1). Для определения перемещений воспользуемся формулой Мора. В начале получим зависимости изгибающих моментов в произвольном поперечном сечении от действия приложенного в конце стержня момента  $M$  и единичных сил приложенных также к торцевому сечению в горизонтальном и вертикальном направлении. Во всех случаях нагружения стержня имеет место кривой изгиб из за его закрученности (рис. 2).

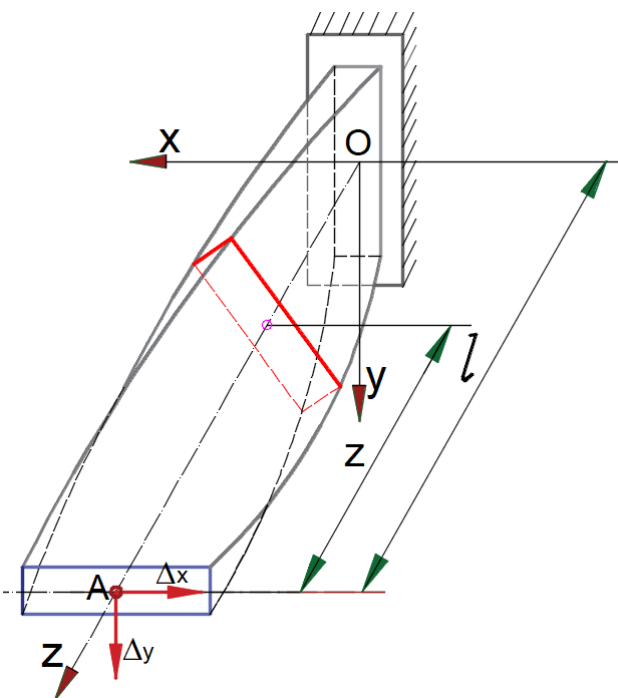


рис. 2

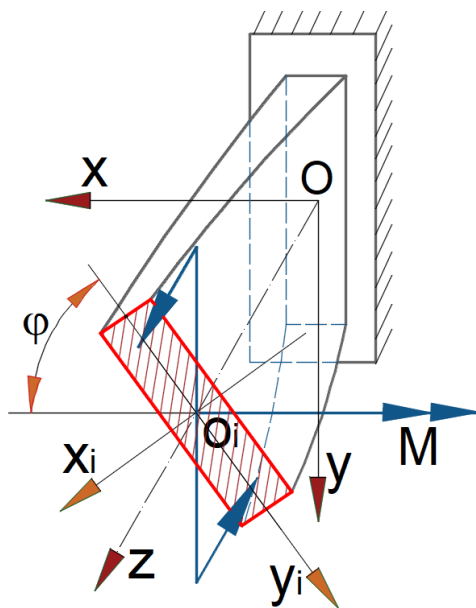
Из за крутки поперечное сечение стержня отстоящее на расстояние  $z$  от свободного конца поворачивается на угол  $\varphi$ . Так что изгибающий момент  $M$  действующий в этом сечений мы можем разложить на две составляющиена связанные с сечением оси координат  $O_ix_iz_i$ (рис. 3):

$$M_{1x_i} = M \cdot \cos(90^\circ + \varphi) = M \cdot (-\sin\varphi); \quad M_{y_i} = M \cdot \cos\varphi; \quad (1)$$

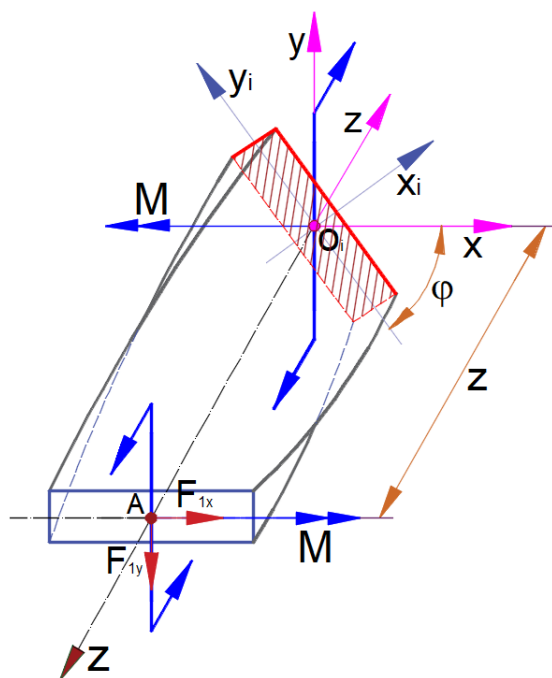
По этим осям разлагается на сотовляющие, так же моменты создаваемые этом сечений силами  $F_{1x} = 1N$ ; и  $F_{1y} = 1N$ :

$$M_{1x_i}^h = z \cdot (-\sin\varphi); \quad M_{1y_i}^h = z \cdot \cos\varphi; \quad (2)$$

$$M_{1x_i}^v = z \cdot (-\cos\varphi); \quad M_{1y_i}^v = z \cdot (-\sin\varphi); \quad (3)$$



რის. 3



რის. 4

Напишем интегралы мора для определения горизонтального и вертикального перемещения торцевого сечения по направлениям осей  $Ox$  и  $Oy$ , учитывая что:

$$z = \frac{2l}{\pi} \varphi dz = \frac{2l}{\pi} d\varphi \quad (4)$$

Для удобства расчета с перва определяем перемещение по направлении оси  $Oy$  с помощью формулы:

$$\Delta_y = \int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^h}{EI_{x_i}} dz + \int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^h}{EI_{y_i}} dz \quad (5)$$

с начало вычисляем по отдельности интегралы:

$$\begin{aligned} \int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^h}{EI_{x_i}} dz &= \int_0^l \frac{M \cdot (-\sin\varphi) \cdot z \cdot (-\sin\varphi)}{EI_{x_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot z \sin^2 \varphi}{EI_{x_i}} dz = \\ &= \int_0^l \frac{M \cdot \frac{2l}{\pi} \cdot \varphi \sin^2 \varphi}{EI_{x_i}} \cdot \frac{2l}{\pi} d\varphi = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{x_i}} \cdot \int_0^{\pi/2} \varphi \cdot \sin^2 \varphi d\varphi = \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{x_i}} \cdot \left( \frac{\varphi^2}{2} - \frac{\varphi \cdot \sin 2\varphi}{4} - \frac{\cos 2\varphi}{8} \right) \Big|_0^{\pi/2} = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{x_i}} \cdot \left( \frac{\pi^2}{8} - \frac{\pi \cdot \sin \pi}{8} - \frac{\cos \pi}{8} + \frac{1}{8} \right) = \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{x_i}} \cdot \frac{\pi^2 + 2}{8} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^h}{EI_{y_i}} dz &= \int_0^l \frac{M \cdot \cos\varphi \cdot z \cdot \cos\varphi}{EI_{y_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot z \cos^2 \varphi}{EI_{y_i}} dz = \\ &= \int_0^l \frac{M \cdot \frac{2l}{\pi} \cdot \varphi \cos^2 \varphi}{EI_{y_i}} \cdot \frac{2l}{\pi} d\varphi = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{y_i}} \cdot \int_0^{\pi/2} \varphi \cdot \cos^2 \varphi d\varphi = \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{y_i}} \cdot \left( \frac{\varphi \cdot \sin 2\varphi}{4} + \frac{\cos 2\varphi}{8} + \frac{\varphi^2}{2} \right) \Big|_0^{\pi/2} = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{y_i}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \sin \pi}{8} + \frac{\cos \pi}{8} + \frac{\pi^2}{8} - \frac{1}{8} \right) = \frac{4Ml^2}{\pi^2 EI_{y_i}} \cdot \frac{\pi^2}{8} = \frac{Ml^2}{2EI_{y_i}} \end{aligned} \quad (7)$$

После чего в результате суммирования и подстановки значений моментов инерции  $I_{y_i} = \frac{a \cdot b^3}{12}$   $I_{x_i} = \frac{b \cdot a^3}{12}$  получим:

$$\begin{aligned} \Delta_y &= \int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^h}{EI_{x_i}} dz + \int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^h}{EI_{y_i}} dz = \frac{Ml^2}{2EI_{x_i}} + \frac{Ml^2}{\pi^2 EI_{x_i}} + \frac{Ml^2}{2EI_{y_i}} = \\ &= \frac{Ml^2}{E} \cdot \left( \frac{1}{2I_{x_i}} + \frac{1}{\pi^2 I_{x_i}} + \frac{1}{2I_{y_i}} \right) = \frac{Ml^2}{E} \cdot \left( \frac{6}{b \cdot a^3} + \frac{12}{\pi^2 b \cdot a^3} + \frac{6}{a \cdot b^3} \right); \end{aligned} \quad (8)$$

Аналогично поступим и при вычислении перемещении в сторону оси  $Ox$ :

$$\Delta_x = \int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^v}{EI_{x_i}} dz + \int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^v}{EI_{y_i}} dz \quad (9)$$

$$\int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^v}{EI_{x_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot (-\sin\varphi) \cdot z \cdot (-\cos\varphi)}{EI_{x_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot z \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{EI_{x_i}} dz \quad (10)$$

$$\int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^v}{EI_{y_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot \cos\varphi \cdot z \cdot (-\sin\varphi)}{EI_{y_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot z \cdot (-\sin\varphi \cdot \cos\varphi)}{EI_{y_i}} dz \quad (11)$$

$$\begin{aligned}\Delta_x &= \int_0^l \frac{M_{x_i} M_{1x_i}^v}{EI_{x_i}} dz + \int_0^l \frac{M_{y_i} M_{1y_i}^v}{EI_{y_i}} dz = \int_0^l \frac{M \cdot z \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{EI_{x_i}} dz - \int_0^l \frac{M \cdot z \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{EI_{y_i}} dz = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 E} \cdot \left( \frac{1}{I_{x_i}} - \frac{1}{I_{y_i}} \right) \cdot \int_0^{\pi/2} \varphi \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi d\varphi = \\ &= \frac{4Ml^2}{\pi^2 E} \cdot \left( \frac{1}{I_{x_i}} - \frac{1}{I_{y_i}} \right) \cdot \int_0^{\pi/2} \varphi \cdot \frac{\sin 2\varphi}{2} d\varphi = \frac{4Ml^2}{\pi^2 E} \cdot \left( \frac{1}{I_{x_i}} - \frac{1}{I_{y_i}} \right) \cdot \left( \frac{\varphi \cdot \cos 2\varphi}{4} + \frac{\sin 2\varphi}{8} \right) \Big|_0^{\pi/2} = \frac{4Ml^2}{\pi^2 E} \cdot \\ &\cdot \left( \frac{1}{I_{x_i}} - \frac{1}{I_{y_i}} \right) \cdot \frac{\pi}{8} = \frac{Ml^2}{2\pi E} \cdot \left( \frac{1}{I_{x_i}} - \frac{1}{I_{y_i}} \right) = \frac{Ml^2}{2\pi E} \cdot \left( \frac{12}{b \cdot a^3} - \frac{12}{a \cdot b^3} \right) \quad (12)\end{aligned}$$

полное перемещение определится формулой:

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_x^2} = \\ &= \sqrt{\frac{M^2 l^4}{E^2} \cdot \left( \frac{6}{b \cdot a^3} + \frac{12}{\pi^2 b \cdot a^3} + \frac{6}{a \cdot b^3} \right)^2 + \frac{M^2 l^4}{4\pi^2 E^2} \cdot \left( \frac{12}{b \cdot a^3} - \frac{12}{a \cdot b^3} \right)^2} = \\ &= \frac{Ml^2}{E} \sqrt{\left( \frac{6}{b \cdot a^3} + \frac{12}{\pi^2 b \cdot a^3} + \frac{6}{a \cdot b^3} \right)^2 + \frac{1}{4\pi^2} \cdot \left( \frac{12}{b \cdot a^3} - \frac{12}{a \cdot b^3} \right)^2}. \quad (13)\end{aligned}$$

### Заклучение

Некоторые машинные установки и строительные конструкции содержат детали закрученной формы, которые работают в условиях силового взаимодействия с другими деталями конструкции. Такие взаимодействия могут создавать деформации этих элементов, что в свою очередь может вызывать возникновение дополнительных нормальных и касательных напряжений, которые могут превышать допустимые значения, а это может повлечь за собой разрушение детали и вывод из строя целого агрегата. Расчеты на прочность и жесткость таких деталей является актуальной задачей современной механики. Нами был произведен расчет на жесткость спирально закрученной балки, которая одним концом заделана жестко в стойке а на втором конце к нему приложен момент пары сил. С помощью формул Мора найдены перемещения свободного конца этой балки в горизонтальном и в вертикальном направлении.

### ლიტერატურა:

1. Аркуша, А.И. Техническая механика: Теоретическая механика и сопротивление материалов / А.И. Аркуша. - М.: Ленанд, 2016г. - 352 с.;
2. Атапин, В.Г. Сопротивление материалов: Учебник и практикум для академического бакалавриата / В.Г. Атапин. - Люберцы: Юрайт, 2016г. - 342 с.;
3. Ахметзянов, М.Х. Сопротивление материалов: Учебник для бакалавров / М.Х. Ахметзянов, И.Б. Лазарев. - Люберцы: Юрайт, 2015г. - 300 с.;
4. Березина, Е.В. Сопротивление материалов: учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М, 2017г. - 416 с.;
5. Биргер, И.А. Сопротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. - М.: Ленанд, 2019г. - 560 с.;

6. Варданын, Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник / Г.С. Варданын, В.И. Андреев, Н.М. Атаров. - М.: Инфра-М, 2016г. - 368 с.;
7. Волосухин, В.А. Сопротивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, С.И. Евтушенко, В. Б. Логвинов. - М.: Риор, 2016г. - 252 с.;
8. Евтушенко, С. И. Сопротивление материалов: Сборник задач с решениями: Учебное пособие / С. И. Евтушенко, Т.А. Дукмасова, Н.А. Вильбицкая. - М.: Риор, 2017г. - 126 с.;
9. Жилкин, В.А Сопротивление материалов: Учебное пособие / В.А Жилкин. - СПб.: Проспект Науки, 2015г. - 520 с.;
10. Коргин, А.В. Сопротивление материалов с примерами решения задач в системе MicrosoftExcel: Учебное пособие / А.В. Коргин. - М.: Инфра-М, 2017г. - 203 с.

## **To Define the Movement of the End of a Cantilever Beam Swirling About Its Centerline Raul Turmanidze, Zurab mdedlishvili, Lali Korganashvili**

### **Abstract**

The article discusses the calculation of the displacement of the rod pre-twisted relative to its axis of symmetry. Such rods are used in building structures and in various machine units, and need to be comprehensively investigated by methods of resistance of materials. This problem is a fundamental problem of building mechanics of machines and various building stationary structures.

### **თავისი სიმეტრიის ღერძის მიმართ დაგრეხილი კონსოლური ღეროს თავისუფალი ბოლოს გადაადგილებების განსაზღვრა რაულ თურმანიძე, ზურაბ მჭედლიშვილი, ლალი ყორღანაშვილი რეზიუმე**

სტატიაში განხილულია თავისი სიმეტრიის ღერძის მიმართ დაგრეხილი ღეროს ბოლოს გადაადგილებების განსაზღვრის ამოცანა. ასეთი ღეროები გამოიყენება სხვადასხვა სამანქანათმშენებლო და საამშენებლო კონსტრუქციებში, და საჭიროებენ ყოველმხრივ შესწავლას მასალათა გამძლეობის მეთოდებით. ეს ამოცანა წარმოადგენს მანქანათა საამშენებლო მექანიკისა და შენობების საამშენებლო მექანიკის ფუნდამენტალურ ამოცანას.

# სუპერფინიშის პროცესის ინტენსიფიკაციისას თბური მოვლენების კვლევა

ვაჟა შილაკაძე\*, ზურაბი ვატიტაძე\*\*

*\*პროფესორი, სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი,*

*ელ. ფოსტა: vazhashilakadze@gmail.com;*

*\*\*საბაკალავრო პროგრამის „მექანიკის ინჟინერია და ტექნოლოგია“ II კურსის სტუდენტი,*

*ელ. ფოსტა: Vatatadzeura@gmail.com*

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

**რეზიუმე:** საყოველთაოდ ცნობილია, რომ საკისრის რგოლების სარბენი ბილიკების სუპერფინიშით დამუშავების დროს კონტაქტში წარმოქმნილი ტემპერატურა არ იწვევს დამუშავებულ ზედაპირზე სტრუქტურულ გარდაქმნებს, მაგრამ სუპერფინიშის პროცესის ინტენსიფიკაციამ, რომლის დროსაც საგრძნობლად იზრდება, როგორც დამუშავების სიჩქარე, ასევე კუთრი წნევა შესაძლებელია გამოიწვიოს კონტაქტში ტემპერატურის ისეთი ამაღლება, რომ დამუშავებულ ზედაპირზე წარმოიქმნას ფაზური და სტრუქტურული გარდაქმნები. ამიტომ სუპერფინიშის რეჟიმების ინტენსიფიკაციის დროს ტემპერატურული მოვლენების კვლევა აქტუალურია.

**საკვანძო სიტყვები:** სუპერფინიში, ინტენსიფიკაცია, ტემპერატურა, სიჩქარე, წნევა.

## ძირითადი ნაწილი

თეორიულმა და ექსპერიმენტალურმა კვლევების შედეგებმა აჩვენა, რომ ალმასის და ელბორის ძელაკების გამოყენებით სუპერფინიშის პროცესის ინტენსიფიკაციის დროს ნაკეთობის სიჩქარე შესაძლებელია ამაღლდეს 6 მ/წმ-მდე, ხოლო კუთრი წნევა –  $20 \div 25$  კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე, ნაცვლად ჩვეულებრივ გამოყენებულ  $1 \div 2$  მ/წმ სიჩქარისა და 10 კგ/სმ<sup>2</sup> კუთრი წნევისა.

ასეთი მნიშვნელოვანი სუპერფინიშის სიჩქარის და კუთრი წნევის გადიდებამ შეიძლება მიგვიყვანოს კონტაქტური ტემპერატურის ისეთ ამაღლებასთან რომლის დროსაც დასამუშავებელი ფენების ზედაპირზე შეიძლება წარმოიქმნას ფაზური და სტრუქტურული გარდაქმნები. ამიტომ სუპერფინიშის რეჟიმების ინტენსიფიკაციის დროს ტემპერატურული მოვლენის კვლევა აქტუალურია.

მოცემულ ნაშრომში კვლევების შედეგების მიხედვით მიღებულია კონტაქტის საშუალო ინტეგრალური ტემპერატურის განსაზღვრის მცდელობა. ამისათვის გორგოლაჭოვანი საკისრის გარე რგოლის (ტიპი 2310) სარბენი ბილიკის სუპერფინიშს აწარმოებდნენ შიგსაგეხ ჩარხზე. სუპერფინიშის ტემპერატურული ველის განსაზღვრის მიზნით გამოიყენებოდა შეუქცევადი ლუმინესცენციური თერმოინდიკატორები (თერმოსაღებავებით), ხოლო მაციებელ სითხედ: ტრიეტანოლამინი – 1,5%, გლიცერინი – 0,1%, ტექნიკური ბორაკი – 0,5% და წყალი. სუპერფინიშით დამუშავება მიმდინარეობდა ალმასის (ASM 20/14 MO18 100%), ელბორის (JIM 20 CT2 100%) და ელექტროკორუნდის (24

AM20 CM1 K5) პელაგების გამოყენებით, რომელთა რხევის ამპლიტუდა და დამუშავების დრო (15 წმ) იყო მუდმივი.

სუპერფინიშის პროცესის ტემპერატურის გასაზომად გამოიყენებოდა ლუმინესცენციური თერმოინდიკატორები შემდეგი კრიტიკული ტემპერატურებით: 45, 75, 110°C. გამხსნელად გამოიყენებოდა ქლოროფორმი 10 ÷ 15 მლ 1გრ თერმოინდიკატორზე.

იმის გამო, რომ სუპერფინიშის პროცესში თერმოინდიკატორის ჩამორეცხვა არ განხორციელდეს მაციებელი სითხის საშუალებით, ამ უკანასკნელში დამატებულია 1 ÷ 2 წვეთი წებო (БФ-2). შემდეგ კი თერმოინდიკატორის თხელი ფენით ახორციელებენ გორგოლაჭოვანი საკისრის რგოლის ტორსულ ზედაპირის დაფარვას.

ექსპერიმენტის დაწყებამდე ახორციელებენ გარე რგოლის მოშვებას, შემდეგ ჭრიან რადიალური მიმართულებით ორ ნაწილად და აწრთობენ. თვითოეული გაჭრილი რგოლის ტორსული ზედაპირი ექვემდებარება დაყვანას  $R_a = 0,01 \div 0,04$  მკმ სიმქისმდე და გაუცხიმოვნებას. ამის შემდეგ გაჭრილი რგოლის ტორსულ ზედაპირს ყოფენ სამ ზონად, რომლებსაც დაფარავენ სხვადასხვა კრიტიკული ტემპერატურის მქონე თერმოინდიკატორებით. თერმოინდიკატორების გაშრობის შემდეგ ორ ნახევარ რგოლს შეაერთებენ (იმისათვის, რომ თბიგადაცემის პირობა იყოს ერთნაირი) და აწარმოებენ სარბენი ბილიკის სუპერფინიშირებას.

როგორც ცნობილია ლუმინესცენციური თერმოინდიკატორები ულტრაიისფერი სხივების მოქმედების შედეგად აძლიერებენ ნათებას, [1] ამიტომ გამდნარი თერმოინდიკატორების მკვეთრი საზღვრის დასაფიქსირებლად საკვლევი ზედაპირი განათებულია კვარცული შუქის წყაროს საშუალებით, რომელზედაც დაყენებულია ულტრაიისფერი სხივების გასატარებელი ფილტრი УФС-2. იზომებოდა თვითოეული ზონის კრიტიკული ტემპერატურის 10 წერტილი (სულ 30 წერტილი რგოლზე) და 10 გაზომვიდან აღებულია საშუალო შედეგი. გაზომვის შემდეგ რგოლის ზედაპირი ირეცხება სპირტით, სრულდება ტორსული ზედაპირის გაუცხიმოვნება და მეორდება ხელახლა ექსპერიმენტი. უტყუარი შედეგის მისაღებად ცდებს იმეორებენ 7 ÷ 10-ჯერ. ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია I ცხრილში.

ცხრილი 1

| პელაგის ტექნიკური მახასიათებლები | V მ/წმ | P კუთრი წნევა კგ/სმ <sup>2</sup> | სითხის გავრცელების სიღრმე (მკმ) თერმოინდიკატორის შემდეგი კრიტიკული ტემპერატურებისას |      |      |
|----------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
|                                  |        |                                  | 110°C                                                                               | 75°C | 45°C |
| ASM 20/14MO18 100%               | 1,99   | 21                               | 80                                                                                  | 265  | 485  |
|                                  | 3,23   | 7                                | 70                                                                                  | 180  | 390  |
|                                  | 3,23   | 21                               | 105                                                                                 | 250  | 400  |
|                                  | 3,23   | 35                               | 160                                                                                 | 292  | 452  |
|                                  | 4,47   | 21                               | 140                                                                                 | 260  | 420  |
|                                  | 5,71   | 21                               | 190                                                                                 | 280  | 390  |
| ЛМ20 CT2 100%                    | 1,99   | 21                               | 100                                                                                 | 290  | 570  |
|                                  | 3,23   | 7                                | 98                                                                                  | 245  | 406  |
|                                  | 3,23   | 21                               | 137                                                                                 | 260  | 420  |
|                                  | 3,23   | 35                               | 194                                                                                 | 306  | 460  |
|                                  | 4,47   | 21                               | 162                                                                                 | 280  | 420  |

|               |      |    |     |     |     |
|---------------|------|----|-----|-----|-----|
|               | 5,71 | 21 | 213 | 290 | 400 |
| 24 AM20 CM1K5 | 1,99 | 21 | 210 | 385 | 605 |
|               | 3,23 | 7  | 182 | 338 | 545 |
|               | 3,23 | 21 | 265 | 400 | 600 |
|               | 3,23 | 35 | 345 | 485 | 668 |
|               | 4,47 | 21 | 320 | 420 | 542 |
|               | 5,71 | 21 | 375 | 460 | 570 |

საშუალო ინტეგრალური ტემპერატურა შესაძლებელია ვიპოვოთ, თუ ვიცით განხილულ პროცესში განსაზღვრულ მანძილზე კონტაქტის ზედაპირიდან ტემპერატურის მნიშვნელობა. ე. ი რგოლის ზედაპირზე ტემპერატურა

$$T_k = \frac{T - \theta \cdot T_0}{1 - \theta} \quad (1)$$

სადაც

$T_k$  – ტემპერატურაა რგოლის ზედაპირზე (ჩვენ შემთხვევაში კონტაქტის საშუალო ინტეგრალური ტემპერატურა);

$\theta$  – ფარდობითი-ჭარბი ტემპერატურა;

$T$  – წერტილის ტემპერატურა (ჩვენ შემთხვევაში ლუმინესცენციური თერმოინდიკატორების კრიტიკული ტემპერატურა).

ფორმულიდან (1) შეიძლება დავასკვნათ, რომ  $T$  და  $T_0$  სიდიდეები ცნობილია, უნდა განისაზღვროთ  $\theta$ , რომლის სიდიდე დამოკიდებულია სითბოს წყაროს მოქმედების დროზე და გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულიდან

$$\theta = \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{F_{ox}}}\right) \quad (2)$$

სადაც

$F_{ox}$  – კოორდინატებისთვის ფურიეს რიცხვია, რომელიც უდრის

$$F_{ox} = \frac{\alpha \cdot \tau}{x^2},$$

სადაც

$\alpha$  – დასამუშავებელი დეტალის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი;

$\tau$  – სითბოს წყაროს მოქმედების დრო;

$x$  – მანძილი სითბოს წყაროს მოქმედების ზედაპირსა და განსახილველ წერტილს შორის (ჩვენ შემთხვევაში თერმოინდიკატორის დნობის სიღრმე).

იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ სითბოს წყაროს მოქმედების დრო განვიხილოთ სუპერფინიშური ძელაკის შეჭრის პროცესი დასამუშავებელ მასალაში, როდესაც ხდება კონტაქტის ფორმირება ძელაკსა და დეტალს შორის. სითბოს წყაროს მოქმედების დრო  $\tau$  დამოკიდებულია ძელაკის B სიგანეზე და დეტალის  $\nu$  სიჩქარეზე შემდეგნაირად:

$$\tau = \frac{B}{\nu}$$

ძელაკი დასამუშავებელი დეტალის მიმართ ასრულებს რთულ მოძრაობას, რომლის კომპონენტებს წარმოადგენს იარაღის რხევითი მოძრაობა განსაზღვრული ამპლიტუდით და ნაკეთის ბრუნვითი მოძრაობა.

განვიხილოთ ტემპერატურული ველის თბურ ბალანსში ამ კომპონენტების მიერ შეტანილი წვლილი. აღსანიშნავია, რომ სასუპერფინიშ ძელაკის მცირე ზომებისა და რხევის ამპლიტუდის უმნიშვნელო სიდიდის გამო, რხევის მოძრაობის გავლენა

ტემპერატურულ ველზე შეიძლება უგულებელვყოთ. წყვილი იარაღი-დეტალი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც უძრავი ძელაკი და V სიჩქარით მბრუნავი ნაკეთობა.

დეტალის ზედაპირულ ფენებში ტემპერატურული ველი წარმოიქმნება ტემპერატურული იმპულსების დადებით დროის იმ მონაკვეთში, როდესაც დასამუშავებელი რგოლის წერტილი იმყოფება კონტაქტში სუპერფინიშის ძელაკთან. წერტილის გამოსვლისას ძელაკიდან ის ექვემდებარება გაციებას და ისევ უბრუნდება ძელაკს.

აღსანიშნავია, რომ სუპერფინიშირების დროს დასამუშავებელ დეტალთან კონტაქტში იღებს მონაწილეობას მოძრაობის მიმართულებით ერთ რიგში განლაგებული აბრაზიული მარცვლები ე.ი. მჭრელი წიბოს ჯამური სიგანე.

აქედან გამომდინარე ვიცით რა სუპერფინიშის მარცვლოვანება Z, მისი სიგანე B და მარცვლებს შორის საშუალო მანძილი l შეიძლება გავიანგარიშოთ ძელაკის მჭრელი წიბოს ფაქტიური ჯამური სიგანე

$$B_{\phi} = \frac{B \cdot \eta}{(Z+l)} \cdot Z \quad (3)$$

სადაც  $\eta$  – ჭრაში მონაწილე მარცვლების რაოდენობაა (აღმასისა და ელბორისათვის  $\eta = 7\%$ , ხოლო ელექტროკორუნდისათვის  $\eta = 16\%$  [2].

სუპერფინიშირებით სხვადასხვა რეჟიმებზე დამუშავებისას მოცემულია (ცხრილი 2) საშუალო ინტეგრალური ტემპერატურა კონტაქტის ზონაში.

ცხრილი 2

| ძელაკის<br>მარკა | V<br>მ/წმ | $P_{კ.წმ}$<br>$\frac{კმ}{სმ^2}$ | $F_{ox} \text{ }^{\circ}C$ |                 |                 | $\theta \text{ }^{\circ}C$ |                 |                 | $T_k \text{ }^{\circ}C$ |                 |                 | $T$<br>$^{\circ}C$ |
|------------------|-----------|---------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|                  |           |                                 | 110 <sup>0</sup>           | 75 <sup>0</sup> | 45 <sup>0</sup> | 110 <sup>0</sup>           | 75 <sup>0</sup> | 45 <sup>0</sup> | 110 <sup>0</sup>        | 75 <sup>0</sup> | 45 <sup>0</sup> |                    |
| ACM 20/14        | 1,99      | 21                              | 13,25                      | 1,20            | 0,36            | 0,15                       | 0,46            | 0,76            | 126                     | 123             | 124             | 124                |
|                  | 3,23      | 7                               | 10,81                      | 1,63            | 0,34            | 0,17                       | 0,41            | 0,77            | 128                     | 126             | 129             | 127                |
|                  | 3,23      | 21                              | 4,80                       | 0,85            | 0,33            | 0,25                       | 0,54            | 0,79            | 140                     | 140             | 143             | 141                |
|                  | 3,23      | 35                              | 2,00                       | 0,62            | 0,26            | 0,38                       | 0,63            | 0,83            | 165                     | 168             | 167             | 166                |
|                  | 4,47      | 21                              | 2,16                       | 0,63            | 0,24            | 0,37                       | 0,61            | 0,82            | 163                     | 161             | 159             | 161                |
|                  | 5,71      | 21                              | 0,88                       | 0,41            | 0,21            | 0,53                       | 0,72            | 0,87            | 212                     | 216             | 213             | 213                |
| JIM20 CT         | 1,99      | 21                              | 8,0                        | 1,00            | 0,26            | 0,20                       | 0,50            | 0,79            | 133                     | 130             | 139             | 134                |
|                  | 3,23      | 7                               | 5,5                        | 0,88            | 0,32            | 0,24                       | 0,55            | 0,79            | 138                     | 142             | 139             | 139                |
|                  | 3,23      | 21                              | 2,8                        | 0,78            | 0,30            | 0,32                       | 0,58            | 0,80            | 153                     | 151             | 145             | 150                |
|                  | 3,23      | 35                              | 1,4                        | 0,56            | 0,25            | 0,43                       | 0,65            | 0,84            | 178                     | 179             | 176             | 177                |
|                  | 4,47      | 21                              | 1,6                        | 0,54            | 0,24            | 0,45                       | 0,66            | 0,82            | 184                     | 182             | 182             | 184                |
|                  | 5,71      | 21                              | 0,7                        | 0,38            | 0,19            | 0,60                       | 0,75            | 0,89            | 245                     | 240             | 247             | 244                |
| 24 AM 20         | 1,99      | 21                              | 2,40                       | 0,71            | 0,29            | 0,35                       | 0,60            | 0,81            | 158                     | 157             | 152             | 153                |
|                  | 3,23      | 7                               | 2,56                       | 0,74            | 0,28            | 0,34                       | 0,59            | 0,81            | 156                     | 154             | 155             | 155                |
|                  | 3,23      | 21                              | 1,20                       | 1,60            | 0,24            | 0,47                       | 0,45            | 0,82            | 189                     | 184             | 187             | 187                |
|                  | 3,23      | 35                              | 0,71                       | 0,36            | 0,19            | 0,60                       | 0,76            | 0,89            | 245                     | 249             | 247             | 247                |
|                  | 4,47      | 21                              | 0,52                       | 0,30            | 0,18            | 0,68                       | 0,80            | 0,01            | 301                     | 295             | 297             | 298                |
|                  | 5,71      | 21                              | 0,30                       | 0,20            | 0,13            | 0,80                       | 0,88            | 0,94            | 470                     | 478             | 475             | 474                |

### დასკვნა

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ალმასის და ელბორის ძელაკებით სუპერფინიშირების რეჟიმების ინტენსიფიკაციით ტემპერატურა კონტაქტში არ აღწევს მაღალ მნიშვნელობებს, რომლის დროსაც შესაძლებელია წარმოიქმნება ფაზური და სტრუქტურული გარდაქმნები.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. Ардашева М. М., Григорьева В. И., Первушин Г. Е., Подгорная Л. М., Исследование люминесцентных термоиндикаторов для аэродинамического эксперимента, ученые записи ЦАГИ, т. VII, 1976, №6;
2. Маслов Е. Н. Теория шлифования металлов. М., „Машиностроение“, 1974.

### STUDY OF THERMAL PHENOMENA DURING THE INTENSIFICATION OF THE SUPERFINISHING PROCESS

Vazha Shilakadze, Zurabi Vatitadze

#### Abstract

It is well known that the temperature generated during the superfinishing of bearing raceways does not typically cause structural transformations on the treated surface. However, when the superfinishing process is intensified—marked by significant increases in both processing speed and specific pressure—the resulting rise in contact temperature can lead to phase and structural transformations on the treated surface. Therefore, during the intensification of superfinishing regimes, the average integral contact temperature was determined.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ

Важа Шилакадзе, Зураби Ватитадзе

#### Резюме

Известно, что температура, возникающая в контакте при суперфинишной обработке дорожек качения подшипников, не вызывает структурных превращений на обработанной поверхности, однако интенсификация процесса суперфинишной обработки, при которой существенно возрастают как скорость обработки, так и удельное давление, может вызвать такое повышение температуры в контакте при которых в поверхностных слоях обрабатываемого материала могут произойти фазовые и структурные превращения. Поэтому измерение температурных явлений в контакте при интенсификации режимов суперфинишной обработки является актуальным.

## საკისრების რგოლების ფინიშური დამუშავების და ბაზირების მეთოდების ანალიზი

ვაჟა შილაკაძე\*, საბა ჩახაია\*\*

*\*პროფესორი, სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი,*

*ელ. ფოსტა: vazhashilakadze@gmail.com;*

*\*\*საბაკალავრო პროგრამის „მექანიკის ინჟინერია და ტექნოლოგია“ III კურსის სტუდენტი,*

*ელ. ფოსტა: chakhaia.saba22@gtu.ge*

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

**რეზიუმე:** დაბალი სიზუსტის კლასის კონსტრუქციული საკისრების სარბენი ბილიკების დაყვანისას გამოიყენება აბრაზიული ზუმფარით დამუშავება, ვინაიდან აღნიშნული მეთოდი უზრუნველყოფს მასიური ტიპის საკისრების სარბენი ბილიკების დამუშავების დამაკმაყოფილებელ ხარისხს შედარებით დაბალი შრომატევადობით. სუპერფინიშის პროცესის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამაღლებს საკისრების რგოლების დაყვანის ხარისხს, ხოლო პროცესის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ძელაკის მახასიათებლების სწორ შერჩევაზე. დაყვანის პროცესში მნიშვნელოვანი ფაქტორია რგოლების ბრუნვის ღერძის მიმართ დაყენების სიზუსტე. შიგა რგოლების ბაზირებისათვის გამოყენებული სარგულა (ცანგა) და გარე რგოლებისათვის (ვაზნა) ვერ უზრუნველყოფენ მუშა ზედაპირების ამაღლებულ მოთხოვნებს სიზუსტეზე. ხისტ საყრდენებზე რგოლების დაყვანის მნიშვნელოვანი ნაკლია საბაზო ზედაპირების ცდომილების კოპირება, რგოლების დამაგნიტება და დაყვანის ხარისხის შემცირება. საკისრის რგოლების წინასწარი ჰიდრო ან აეროსტატიკური ცენტრირებით და შემდეგ მათ ტორსზე მექანიკური მიჭერის გამოყენებით თავიდან არის აცილებული ზემოთ ხსენებული ნაკლოვანებები.

**საკვანძო სიტყვები:** სუპერფინიში, ძელაკი, საკისარი, სარბენი ბილიკი, დაცენტრება, ბაზირება.

### ძირითადი ნაწილი

ნულიდან ორი კლასის სიზუსტის ყველა კონსტრუქციული ჯგუფების საკისრების სარბენი ბილიკების დაყვანას აჭარბებს აბრაზიული ზუმფარით დამუშავება. მიუხედავად ამ პროცესის ცნობილი ნაკლისა, აღნიშნული მეთოდი უზრუნველყოფს მასიური ტიპის საკისრების რგოლების სარბენი ბილიკების დამუშავების დამაკმაყოფილებელ ხარისხს, შედარებით დაბალი შრომატევადობის უზრუნველყოფით. სუპერფინიშის პროცესის გამოყენება საკისრების რგოლების დაყვანის ხარისხს მნიშვნელოვნად ამაღლებს. აღსანიშნავია, რომ სასუპერფინიშე ჩარხების ღირებულება საკმაოდ მაღალია, ხოლო მათი მწარმოებლობა დაბალია აბრაზიული ზუმფარით დასაყვან ჩარხებთან შედარებით. ამიტომ საკისრის რგოლების სარბენი ბილიკების ფინიშური დამუშავება მეექვსე კლასის სიზუსტემდე უნდა წარმოებდეს მაღალი ხარისხის ავტომატიზაციის მქონე ფინიშურ

ჩარხებზე აბრაზიული ძეღაჰით, ზოლო მადალი სიზუსტის საკისრების კი სუპერფინიშის მეთოდით [1].

სხვა არანაკლებ მნიშვნელოვან ფაქტორს დაყვანის პროცესში წარმოადგენს რგოლების დაყენების ბაზირების სიზუსტე ბრუნვის ღერძის მიმართ. ძირითადად შიგა რგოლების ბაზირებისათვის გამოიყენება სარგულა (ცანგა), ზოლო გარე რგოლებისათვის – ვაზნა, რომელებიც ვერ უზრუნველყოფენ მუშა ზედაპირების ამაღლებულ მოთხოვნებს სიზუსტეზე, პირველ რიგში ეს ეხება საკისრების გარე რგოლების დაყვანას, რადგან მოჭერის დროს გარე რგოლი განიცდის მნიშვნელოვან დეფორმაციას. მიუხედავად ამისა მასიური წარმოების პირობებში ასეთი მეთოდით ბაზირება საკისრების რგოლების სიზუსტის მეექვსე კლასამდე დაყვანის საშუალებას იძლევა.

ხისტ საყრდენებზე რგოლების დაყვანის მეთოდის გამოყენებას ასევე გააჩნია მნიშვნელოვანი ნაკლი. პირველ რიგში საბაზო ზედაპირის ცდომილების კოპირება; მეორე რიგში რგოლების დამაგნიტება და დაყვანის ხარისხის შემცირება, რომელიც განპირობებულია შლამის მოხვედრით, როგორც დამუშავების ზონაში ასევე რგოლის ტორსულ ზედაპირზე. გარდა ამისა ამ მეთოდით რგოლების საბაზო ზედაპირების დამუშავებას წაეყენება უფრო მადალი სიზუსტის მოთხოვნები.

საკისრის რგოლების სპეციალურ სარგულაზე ბაზირებით, ან ვაზნაში რგოლის წინასწარი ჰიდრო ან აეროსტატიკური ცენტრირებით და შემდეგ მათ ტორსზე მექანიკური მიჭერის გამოყენების შედეგად თავიდან იქნება აცილებული ზემოთ ხსენებული ნაკლოვანებები და შესაძლებელი იქნება რგოლის რადიალური ცემის შემცირება  $1 \div 4$  მკმ-მდე ნაშაადის საწყისი სიზუსტისგან დამოკიდებულებით. დაცენტრების შემდეგ რგოლების გადანაცდენის გამოსარიცხავად, ტორსზე მიჭერის ღერძული ძალა უნდა აღემატებოდეს დაყვანის პროცესში მოქმედ რადიალურ ძალას.

ჰიდრო-აეროსტატიკური დაცენტრების მეთოდის გამოყენების გამოცდილებამ აჩვენა საკისრის რგოლების ამ მეთოდებით ბაზირების პერსპექტიულობა, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია სარბენი ბილიკების სუპერფინიში აბრაზიული ზუმფარის და ძეღაკის საშუალებით ნული და ორი სიზუსტის კლასის საკისრებისათვის.

სუპერფინიშირების სიზუსტე დამოკიდებულია იგივე ფაქტორებზე, რა ფაქტორებიც მოქმედებს აბრაზიული ზუმფარით დაყვანისას. გარდა ამისა აღნიშნული პროცესით დამუშავების სტაბილურობა ბევრად არის დამოკიდებული იარაღის მახასიათებელზე უპირველეს ყოვლისა ძეღაკის სისაღზე. ძეღაკის სისაღის არაერთგვაროვნება, როგორც პარტიაში ისე ერთი ძეღაკის სხდასხვა კვეთებში, წარმოადგენს დამუშავებული ზედაპირის სიმჭისის გადიდების ძირითად მიზეზს. სისაღის ამაღლებით ოპტიმალურთან შედარებით მცირდება დასამუშავებელ დეტალზე მოხსნილი ფენის სისქე და შესაბამისად იზრდება სიმჭისე ძეღაკის გაგლესვის გამო. სისაღის შემცირებით დამუშავების დადგენილ პერიოდში ამაღლებულია ძეღაკის ცვეთის ინტენსიობა, რის შედეგადაც გაზრდილია დამატებითი დრო, რომელიც საჭიროა გაცვეთილი ძეღაკის ხშირი გამოცვლისათვის და რგოლის დასამუშავებელ ზედაპირის პროფილთან მიმუშავებისათვის.

სასუპერფინიშე ძეღაკს ერთი ოპერაციის შესრულების დროს წარედგინება საწინააღმდეგო მოთხოვნა: დამუშავების დასაწყისში ძეღაკს უნდა ჰქონდეს შედარებით მადალი ჭრის უნარი თვითაღლესვის გამო, რათა მოხსნას ხეხვის შედეგად მიღებული დეფექტური ფენა, მოცემული მწარმოებლობის პირობების და ძეღაკის ზომიერი ცვეთის გათვალისწინებით და ბოლოს – დამუშავებულ ზედაპირზე დაბალი სიმჭისის მიღება ძეღაკის

დაბლაგვებული მჭრელი კონტურის ნაწილობრივ თვითაღესვის შედეგად. აღსანიშნავია, რომ ამ პროცესის სტაბილურობა მთლიანად დამოკიდებულია აბრაზიული იარაღის ხარისხზე ე. ი. სისაღზე, სიმკვრივეზე და პარტიაში თვითოეული ძელაკის ერთგვაროვნებაზე. ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ ერთ ოპერაციად სუპერფინიშირების დროს ამ მოთხოვნებს ძელაკების 30% არ აკმაყოფილებს. ეს კანონზომიერია, რადგან პარტიაში შესაძლებელია განსხვავებული იყოს ძელაკის სისაღის მარკირება მის რეალურ სისაღესთან შედარებით, როგორც შემცირების ასევე გადიდების მხარეს, ხოლო დადგენილი სუპერფინიშირების რეჟიმით შეუძლებელია აღნიშნული ხარვეზების კონპენსირება.

დასამუშავებელი ზედაპირის სიმქისე სუპერფინიშირების პროცესში განაპირობებს ძელაკის თვითაღესვას და ლითონის ფენის მოხსნის ინტენსიფიკაციას. ამასთანავე, რაც მაღალია საწყისი სიმქისე, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ძელაკის მიმუშავება დასამუშავებელი ზედაპირის პროფილთან და ინტენსიურია ლითონის ფენის მოხსნა. აღსანიშნავია, რომ მაქსიმალური სიდიდე საწყისი სიმქისისა არ უნდა აღემატებოდეს  $0,50 \div 0,63$  მკმ იმ მიზნით, რომ გამოირიცხოს რგოლების პროფილის დამახინჯების შესაძლებლობა მოცემულ ოპერაციაზე.

ორ ოპერაციად სუპერფინიშირება სხვადასხვა მახასიათებლების ძელაკებით, იარაღის ამა თუ იმ ფაქტიური გადახრების შემთხვევაში, საშუალებას იძლევა უფრო ეფექტურად მოხდეს აბრაზიული იარაღის შესაძლებლობის რეალიზაცია და დამუშავების ხარისხის სტაბილიზაცია, დამუშავების რეჟიმების ოპტიმიზაციის ხარჯზე. ამავე დროს იზრდება საერთო მოხსნის ფენის სიდიდე ერთი ძელაკით დაყვანასთან შედარებით. აქედან გამომდინარე შესაძლებელია დიდი სიმქისის მქონე რგოლების დამუშავება, რაც განსაკუთრებით მთავარია მასიური წარმოების პირობებში.

სუპერფინიშირის პროცესი შემუშავებული უნდა იქნეს ისე, რომ შავად დამუშავების დროს მოიხსნას დეფექტური ფენა მაქსიმალური მწარმოებლობის პირობებში, უზრუნველყოფილი იქნეს სარბენი ბილიკის ფორმის და განივი პროფილის მინიმალური გადახრა, ხოლო სასუფთაო დამუშავებისას – მოცემული სიმქისე და მუშაობის უნარიანი (უდეფექტო) სარბენი ბილიკის ზედაპირული ფენა.

მიუხედავად სხვადასხვა მარცვლოვანების ძელაკის ორ ეტაპიანი სუპერფინიშირის პროცესისა ლითონის საერთო მოხსნილი ფენა არ აღემატება  $10 \div 12$  მკმ-ს. ამას განაპირობებს წვრილმარცვლოვანი ძელაკის უმნიშვნელო ჭრის უნარი სასუფთაო ოპერაციის დროს, რადგან მეორე ეტაპზე დასამუშავებელი ზედაპირი შედარებით დაბალი სიმქისისაა რაც იწვევს ძელაკის შეზღუდულ თვითაღესვას.

ამრიგად, სუპერფინიშირის ეფექტურობა დამოკიდებულია საკისრის სარბენი ბილიკების ზედაპირების საწყის სიმქისეზე.

ჩატარებულმა კვლევებმა [2] გვიჩვენა, რომ აღმასის იარაღით რკინანახშირბადოვანი ფოლადების ოპტიმალური სიჩქარეებით  $120 \div 360$  მ/წთ დამუშავების დროს უზრუნველყოფილია მაღალი მედეგობა. აღსანიშნავია, რომ სუპერფინიშირების სიჩქარის და ამავე დროს აბრაზიული ძელაკის ორმაგი სვლათა რიცხვის გაზრდით მიღწეულ იქნა უფრო მეტი დამუშავების ინტენსიობა. დადგენილია, რომ ძელაკის ორმაგი სვლათა სიხშირე ( $3000$  ორმაგი სვ/წთ) და რხევის  $0,5 \div 1,5$  მმ ამპლიტუდა წარმოადგენს ოპტიმალურს, რადგან ამ პარამეტრების გათვალისწინებით შემუშავებული სუპერფინიშირის თავი (სადაც დამუშავების პროცესზე ინერციული ძალების გავლენის

შემცირების გამო მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი ძელაკის დამჭერი მასა) უზრუნველყოფს მუშაობის სტაბილურ პირობას.

გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ სუპერფინიშირების სიჩქარის გაზრდა ხელს უწყობს ტალღოვნების ამპლიტუდის შემცირებას, როგორც ჩანს ძელაკი ვეღარ მიეცემა ტალღის ფორმას, ამიტომ იხსნება მათი პიკები და მცირდება ტალღოვნება, რაც არსებითად გამოიხატება კონტაქტის ზონაში კუთრი წნევის გაზრდის დროს.

სუპერფინიშის შედარებით მაღალი სიჩქარის შეხამება, აბრაზიული ძელაკის რხევის მაღალ სიხშირესთან და მაღალ კუთრ წნევასთან საშუალებას იძლევა გავზარდოთ მოხსნილი ფენის სიდიდე, შევამციროთ საწყისი ტალღოვნების ამპლიტუდა და უზრუნველვყოთ მაღალი მწარმოებლობა.

სუპერფინიშირების პროცესის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ძელაკის მახასიათებლების და რაციონალური რეჟიმების სწორ შერჩევაზე. ამ მიზნით იყო ჩატარებული ექსპერიმენტები ალმასური ძელაკის რაციონალური მახასიათებლების შერჩევისათვის სხვადასხვა ჭრის რეჟიმებზე და წნევებზე. უფრო რაციონალური გამოდგა MO18 ლითონურ შემკვრელზე დამზადებული ალმასის ძელაკები 100%-იანი კონცენტრაციით და  $20 \div 14$  მკმ მარცვლოვანებით [3].

სარბენი ბილიკების სუპერფინიშით დამუშავებას აწარმოებენ შეჭრით და გრძივი მიწოდებით.

შეჭრით მიწოდება გამოიყენებოდა ორბორტიანი რგოლების სარბენი ბილიკების დამუშავების დროს, ხოლო უბორტო რგოლები მუშავდებოდა გრძივი მიწოდებით.

საკისრის რგოლების სარბენი ბილიკების შეჭრით მიწოდებით დამუშავებისას სარბენი ბილიკის ზედაპირის ჩაზნექილობის (წუნის) თავიდან ასაცილებლად შერჩეული იყო ძელაკის რაციონალური პროფილის ფორმა, რომელსაც ჰქონდა განიერი ბოლოები და ვიწრო შუა ზონა, რადგან უზრუნველყოფილიყო სარბენი ბილიკის ბოლოებზე უფრო მეტი ფენის მოხსნა, რაც გარანტირებულად მოგვცემდა სარბენი ბილიკების სწორხაზოვნებას, ან  $0 \div 3$  მკმ სიდიდის კასრისებურებას.

მოცემულია (ცხრილი 1) სიჩქარის გავლენა მოსახსნელ ფენაზე, სიმქისეზე და ტალღოვნებაზე (ცდები ჩატარებული იყო 2310 სერიის გორგოლაჭოვანი საკისრის გარე რგოლზე).

ცხრილი 1

| სუპერფინიშირების სიჩქარე, მ/წთ |                     | დიამეტრზე მოხსნილი ფენა | დამუშავებული ზედაპირის სიმქისე, $R_a$ | ტალღოვნება  |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------|
| შავად დამუშავება               | სასუფთაო დამუშავება | მკმ                     | მკმ                                   | მკმ         |
| 90                             | 270 ÷ 330           | 8 ÷ 14                  | 0,16 ÷ 0,20                           | 0,60 ÷ 1,15 |
| 120                            |                     | 10 ÷ 16                 | 0,125 ÷ 0,20                          | 0,35 ÷ 0,95 |
| 150                            |                     | 14 ÷ 22                 | 0,063 ÷ 0,10                          | 0,20 ÷ 0,35 |
| 180                            |                     | 14 ÷ 20                 | 0,063 ÷ 0,10                          | 0,10 ÷ 0,20 |
| 210                            |                     | 12 ÷ 18                 | 0,08 ÷ 0,125                          | 0,25 ÷ 0,55 |
| 240                            |                     | 10 ÷ 16                 | 0,125 ÷ 0,20                          | 0,45 ÷ 0,85 |
| 270                            |                     | 7 ÷ 12                  | 0,125 ÷ 0,20                          | 0,65 ÷ 1,05 |

სუპერფინიშირება სრულდება ორი გადასვლით. შავად დამუშავების დროს იხსნებოდა მოსახსნელი ფენის  $80 \div 90\%$  და მიიღებოდა სიმქისე  $R_a = 0,125 \div 0,20$  მკმ, ხოლო სასუფთაო დამუშავებისას იხსნებოდა დანარჩენი  $10 \div 20\%$ , სიმქისე კი მცირდებოდა  $R_a = 0,063 \div 0,10$  მკმ-მდე. მთელი ეს პროცესი მიმდინარეობდა დროის მცირე მონაკვეთში, ამიტომ კუთრი წნევა  $1,8 \div 2,0$  მგპა იყო მუდმივი.

პირველი გადასვლის შემდეგ ცხრილში მოცემული თითქმის ყველა სიჩქარეზე დამუშავებული ზედაპირის სიმქისე მიიღება  $R_a = 0,16 \div 0,32$  მკმ, როდესაც საწყისი სიმქისე  $R_a = 0,4 \div 0,1$  მკმ-ს.

აღსანიშნავია, რომ თუ დასამუშავებელი დეტალების პარტიაში იყო რგოლები  $R_a = 0,25 \div 0,32$  მკმ სიმქისით, მაშინ ოპტიმალურ სიჩქარეებზე შავად სუპერფინიშირების შემდეგ სიმქისე  $R_a = 0,16 \div 0,20$  მკმ-ზე ნაკლები არ მიიღება, ხოლო მოხსნილი ფენის სიდიდე დიამეტრზე მერყეობდა  $8 \div 15$  მკმ-ის ფარგლებში. ამასთანავე შეიმჩნეოდა, რომ რაც ნაკლები იყო დასამუშავებელი ზედაპირის სიმქისე, მით ნაკლები იყო მოსახსნელი ფენა, ხოლო ერთი და იგივე სიმქისის შემთხვევაში რაც უფრო დიდი იყო ტალღოვნება, მით უფრო მეტი იყო მოხსნილი ფენა.

დამუშავებული ზედაპირის სიმქისის  $R_a = 0,08 \div 0,10$  მკმ-მდე, შესამცირებლად სუპერფინიშის პროცესის დროს გათვალისწინებულია სასუფთაო დამუშავება უფრო მაღალ სიჩქარეზე.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, დიამეტრზე  $14 \div 22$  მკმ-ის მოხსნილ ფენას, დამუშავებული ზედაპირის  $R_a = 0,063 \div 0,125$  მკმ სიმქისეს და  $0,1 \div 0,2$  მკმ ტალღოვნებას უზრუნველყოფს სუპერფინიშირების შემდეგი რეჟიმები:  $150 \div 180$  მ/წთ შავად სუპერფინიშირება, დამუშავების ხანგრძლივობა  $7 \div 8$  წმ; სასუფთაო სუპერფინიშირება  $270 \div 330$  მ/წთ, დამუშავების ხანგრძლივობა  $3 \div 5$  წმ; ძელაკის რხევის ამპლიტუდა  $0,8 \div 1,0$  მმ; კუთრი წნევა  $1,8 \div 2,0$  მპა, მუდმივია, რადგან შავად და სუფთად დამუშავება მიმდინარეობს დროის მცირე მონაკვეთში.

## დასკვნა

მაღალი სიზუსტის კლასის საკისრების სარბენი ბილიკების სუპერფინიშირება ხორციელდება ჰიდრო ან აეროსტატიკური მეთოდით წინასწარ ცენტრირებულ საკისრების რგოლებზე რაციონალური ფორმის ალმასური ძელაკით (ACM 20/14 MO18 100%). სუპერფინიშის პროცესი შესრულებულია ორი გადასვლით: შავად დამუშავების დროს ( $7 \div 8$  წმ) იხსნება მოსახსნელი ფენის  $80 \div 90\%$  და მიიღება სიმქისე  $R_a = 0,125 \div 0,20$  მკმ, ხოლო სასუფთაო დამუშავებისას ( $3 \div 5$  წმ) დანარჩენი  $10 \div 20\%$ , სიმქისე კი მცირდება  $R_a = 0,063 \div 0,10$  მკმ-მდე. ძელაკის რხევის ამპლიტუდაა  $0,8 \div 1,0$  მმ. ორივე გადასვლა მიმდინარეობს დროის მცირე მონაკვეთში, ამიტომ კუთრი წნევა ( $1,8 \div 2,0$  მგპა) არის მუდმივი.

## გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. Мазальский В.Н., Суперфинишные станки, – Л.: Машиностроение, 1988, 127 с.;
2. Лоладзе Т. Н., Бокучава Г. В., Износ алмазов и алмазных кругов, Машиностроение, 1967г. №1;

3. ვ. შილაკაძე, ცილინდრული გორგოლაჭოვანი საკისრების სარბენი ბილიკების სუპერფინიშირება, ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, სამეცნიერო შრომების კრებული, თბილისი 2011წ, 24-27 ოქტომბერი.

## **ANALYSIS OF FINISHING AND BASING METHODS FOR BEARING RINGS**

**Vazha Shilakadze, Saba Chakhaia**

### **Abstract**

When grinding the raceways of low-precision structural bearings, abrasive grinding is used, since this method provides a satisfactory quality of machining the raceways of massive bearings with relatively low labor intensity. The use of the superfinishing process significantly increases the quality of grinding the bearing rings, and the efficiency of the process significantly depends on the correct selection of the characteristics of the bushing. An important factor in the grinding process is the accuracy of the rings' positioning relative to the axis of rotation. The collet (collet) used for the base of the inner rings and the chuck (cartridge) for the outer rings cannot meet the high requirements for the accuracy of the working surfaces. A significant drawback of grinding the rings on rigid supports is the copying of the errors of the base surfaces, magnetization of the rings, and a decrease in the quality of grinding. The above-mentioned disadvantages are avoided by pre-centering the bearing rings hydrostatically or aerostatically and then mechanically clamping them to the body.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ И БАЗИРОВАНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИРНИКОВ**

**Важа Шилакадзе, Саба Чахаиа**

### **Резюме**

Доводка абразивной шкуркой обеспечивает удовлетворительное качество обработки колец массовых типов подшипников при относительно небольшой трудоемкости. Применение процесса суперфинишной обработки значительно повышает качество колец подшипников, а эффективность процесса во многом зависит от правильного выбора характеристик суперфинишного бруска. Важным фактором при доводке является точность базирования колец относительно оси вращения. Широко применяемый в настоящее время метод базирования внутренних колец на оправе, а наружных в патроне, не обеспечивает возрастающие требования к точности рабочих поверхностей. Существенным недостатком установки колец на жестких опорах является копирование погрешностей базовых поверхностей, намагничивание колец и снижение качества доводки. Указанные недостатки устраняются путем предварительного гидростатического или аэростатического центрированием колец подшипника с последующим механическим закреплением их на корпусе.

# DESIGN METHODS OF CONTINUOUSLY 3D PRINTED ULTRALIGHT SHELL STRUCTURES FOR AERONAUTICAL APPLICATIONS

**Ramil Zukakishvili\*, Giorgi Kakabadze\*\***

*\*Professor, Georgian Technical University, E-mail: r.zukakishvili@gtu.ge;*

*\*\*PhD Student of Agricultural University of Georgia, E-mail: g.kakabadze@agrni.edu.ge*

*(Georgian Technical University №71, M. Kostava str., 0175, Tbilisi, Georgia)*

**Abstract:** In the article conceptual wing design is represented which is made with its internal structural part via additive manufacturing technology as a single thin wall shell. Such an approach is one of the possibilities for manufacturing ultra-lightweight aerodynamic structures for various applications including aeronautics, energetics, automotive, etc. There is reviewed an optimal design methodology and internal structural layout to ensure sufficient strength and stiffness characteristics under the minimum weight.

**Keywords:** lightweight structures, shell structures, design process.

## Introduction

Lightweight structures were a crucial part of the aeronautical domain from its first days. Engineers were developing new materials, and manufacturing techniques to achieve the best strength-to-weight ratios. From the second half of the 20<sup>th</sup> century additive manufacturing technologies started becoming more and more popular (Shahrubudin, Lee, & Ramlan, 2019). If at the beginning it was used just for prototyping, step-by-step it gained significance in serial manufacturing as well, especially for its ability to fabricate complicated shapes.

Fused Deposition Modelling (FDM) is the most common method of 3D printing (Iftekar, Aabid, Amir, & Baig, 2023), which uses filament forming on a heated surface through a heated nozzle to build shapes layer by layer. Such an approach causes difficulties with the surface smoothness of a printed part while moving from one layer to another requires retraction of a filament by nozzle. Such moments on a nozzle trajectory cause a specific pattern to appear on a part surface, which at some point can be assumed as a printing error. To prevent this event from happening, a new printing approach was created, which can be used only for shell printing, when geometry is printed continuously, without retraction, overlapping the starting point of the previous layer, therefore, forming some kind of spiral of layers along the geometrical trajectory. Such a printing method provides a smooth surface along the whole geometry of a part.

## MAIN PART

**Design Approach.** Continuous printing is sometimes referred to as Vase or Spiral mode. To create a part printable with such a method, specific design approaches should be used. The first aspect that should be taken into consideration is the ability of a nozzle to go along the whole geometry without interaction. That is the main reason why in most cases, such a method is used for printing shell structures. However, with a clever design, it is even possible to print a part with an internal structure being united with a shell surface.

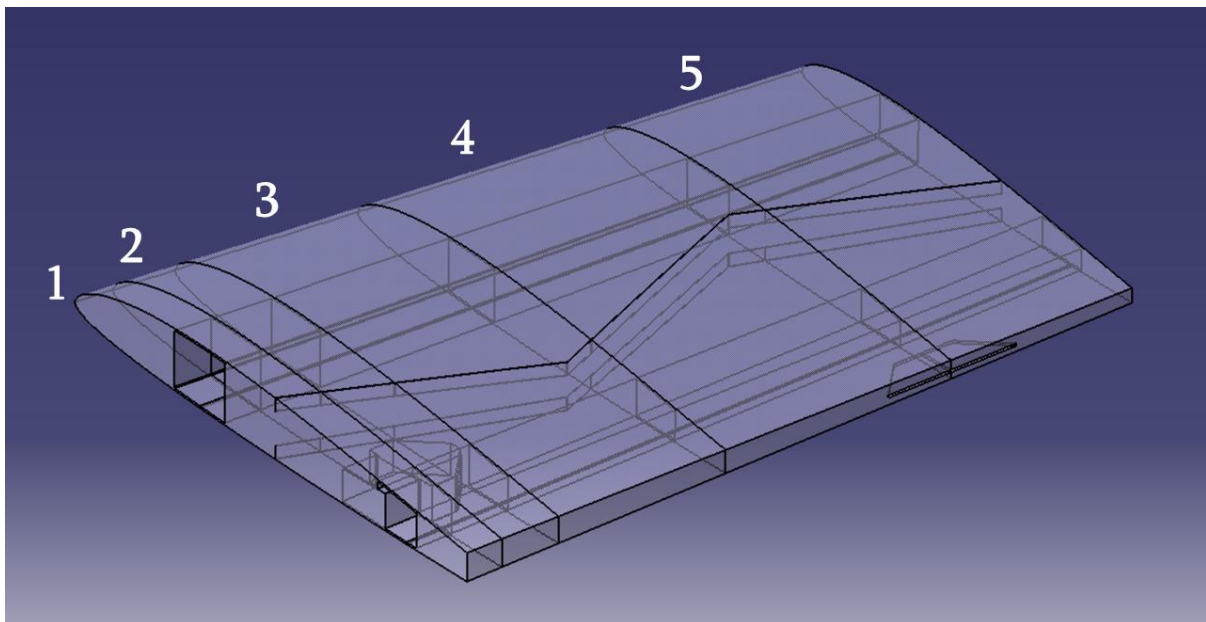
The main idea is to make slicer software see all the internal structures as an external surface of a part. The easiest way to achieve this is to perform cuts in a solid body in such a way that in a G-code it will not interact with any existing pathway.

**Material Selection.** In FDM printing various plastics are used, such as ABS, PLA, PETG, etc (Karakurt & Lin, 2020). Meanwhile, in the last years, some modifications of already existing materials have appeared on the market, such as so-called lightweight filaments, which were specially designed to print extremely light parts. One such material is Poly-light LW-PLA (Lubombo & Huneault, 2018) made by Joseph Prusa and specifically designed for aeromodeling purposes. The main idea behind such materials is that depending on a nozzle temperature, it increases its volume during extrusion leading to decreased density and eventually mass of a printed part. However, the continuous printing method can be used for any kind of filament and lightweight material is not a necessity.

Except for filament, which is used for creating 3D printed parts, it is necessary to consider the assembly of these parts to create a finalised structure. The most common method for assembling 3D-printed parts is to glue them. There are many varieties of glues effectively used on plastic materials. Meanwhile, the most widely spread is the 705 series universal fast adhesive, which contains high-viscosity ethyl cyanoacrylate and hexane in an aerosol form as an activator.

**Desing Process.** For conceptual design purposes, a small-scale aircraft wing was chosen, on which the internal reinforcement structure was designed as a part of the shell as well. In this article, the small section of the wing will be reviewed as a representation of the design process to visualise the design approach.

Generally, in 3D printed aerodynamic surfaces part height is chosen based on the printer working volume and its layout. However, while vase mode enables to printing filled first layer (or several layers as a base), appropriate use of this feature would be preferable. Therefore, it was decided to separate the wing along the span based on the location of the ribs and use the filled first layer of each section as ribs and connection points as well.



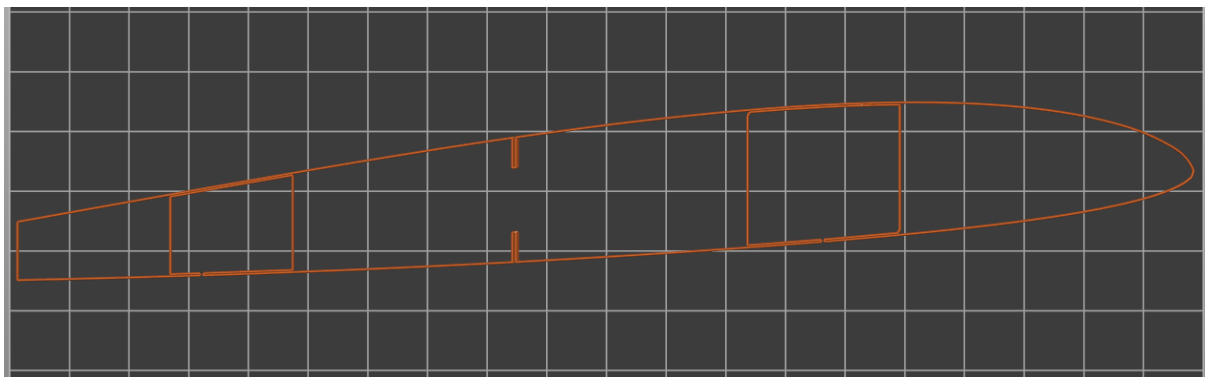
*Figure 1. Wing divided into sections*

The presented wing contains 5 sections creating an internal structure after being glued to each other. Division of the wing into several sections is mostly affected by the placement of various systems inside the wing structure. In our case, at the base of the presented wing servo actuator is placed and additional

rib placement is caused by strengthening reasons at the middle part of the servo placement location between the first and second sections.

It should be noted that the stiffness of the ribs is managed via several layers during printing. While printing each section, the rib is the base of the part, therefore, it is printed in a flat orientation. Based on the previous research flat orientation has the best strength characteristics during the various load scenarios (Kakabadze, 2020).

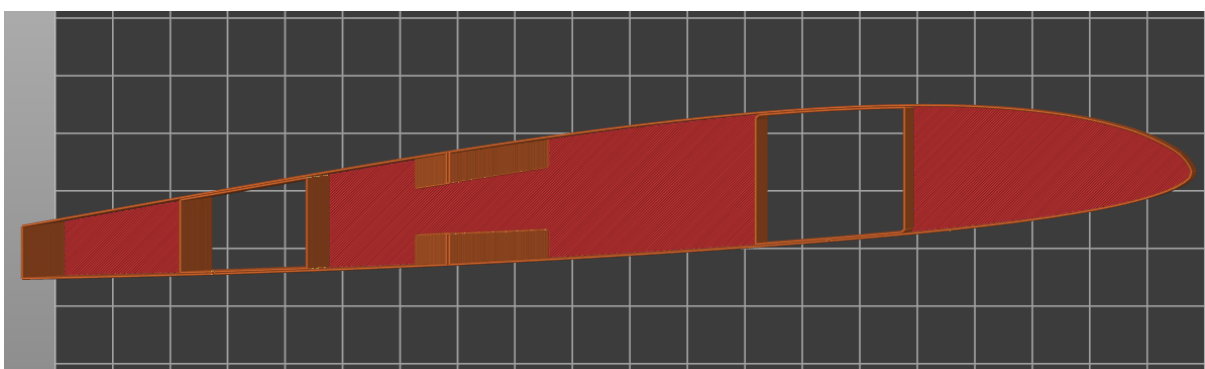
If we look at the section cut of the wing several important features can be seen. The general layout of the structure consists of a front spar, rear spar and stiffness wall on suction and pressure surfaces located between two spars.



**Figure 2. Wing section cut view represented as a single layer on a heated bed surface**

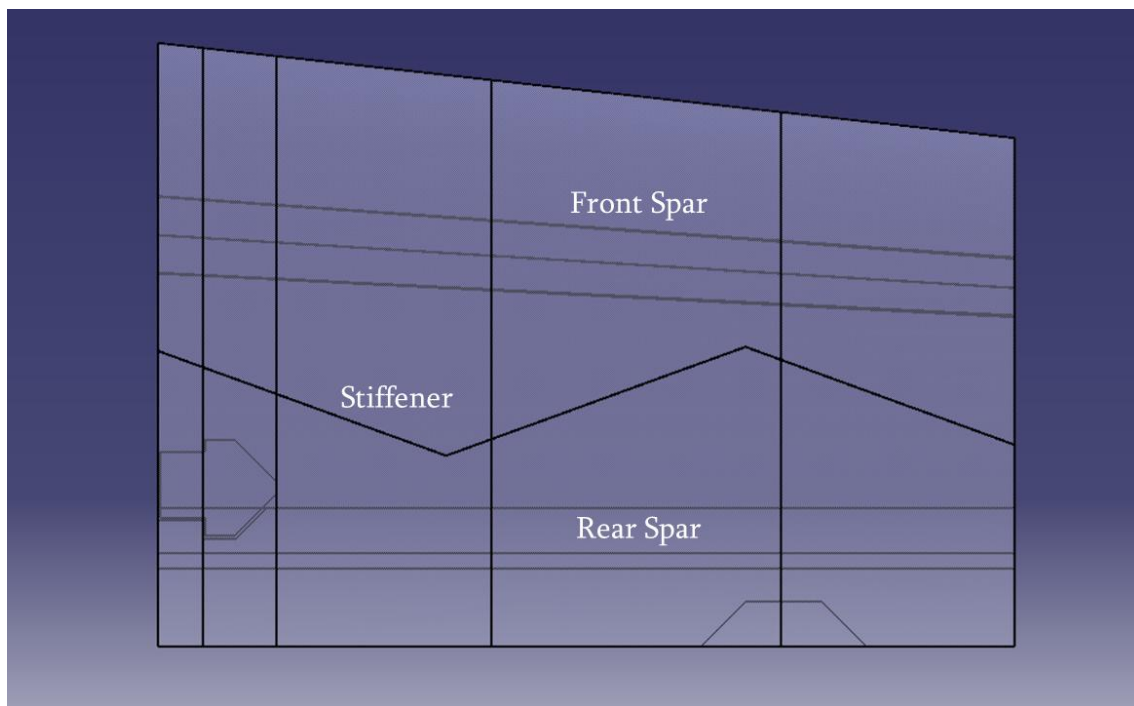
In Figure 2 a single layer of a wing section cut is represented, where the whole closed path of a single layer can be observed. For such kind of approach, the starting point of a layer can be located at any place of the curve, therefore, having the same starting point for every following layer along the whole height of a printed part. On a figure it is easily recognisable that internal structure, both spars and stiffener walls are created via double wall thickness, ensuring better strength characteristics.

Meanwhile, it should be noted that, based on a parametric design approach, the thickness of the spars can be increased from two walls to a higher even number (four, six, eight, etc.), while keeping the single wall thickness for the rest of the structure. This will provide increased strength and stiffness characteristics with minimal increased weight.



**Figure 3. Top view of a printed section**

From Figure 3 it is seen that the rib is filled with a single layer of the printed surface, however, areas inside the spars are empty. This layout was created due to the weight reduction and future wiring possibilities throughout the spar, while these empty channels are located along the whole span length of the wing.



*Figure 4. Top view of semi-transparent wing sections*

In Figure 4 semi-transparent top view of the sections is shown, where it is easily identifiable how the front and rear spars are located. Meanwhile, zigzag propagation of stiffener should be mentioned, which causes additional stiffness properties to the external shell structure of the wing.

The proposed design is one of the possibilities that can be made with continuous printing methods. However, comparison studies have shown that compared to classical printing layouts, this format provides the best surface quality and significantly decreases structural weight. Meanwhile, in the case of using lightweight filament, practical tests showed that the same part can be printed with 50% weight reduction while keeping approximately the same stiffness characteristics.

On the other hand, there is a significant aspect that should be considered. During such an approach printing time increases, while it is not possible to print several parts simultaneously. That may not be critical during prototyping, but for mass production, this may lead to serious delays.

## Conclusion

The role of additive manufacturing is significantly increasing in advanced engineering, especially in the field of complex shapes and lightweight structures, where the minimisation of the mass has a crucial role. The presented design approach showed its advantages, especially from parametric modelling and surface quality point of view. Also, one of the most important aspects is that such a printing method does not require any support structure to be built, therefore ensuring no material waste during the printing process. However, there are several disadvantages regarding manufacturing time, while continuous printing is a slower process compared to the conventional and only a single part can be manufactured at a given time.

Therefore, it can be concluded that the method discussed in the article has some potential, especially in the field of small-scale aeronautical vehicles (Moon, Tan, Hwang, & Yoon, 2014), like unmanned aerial

vehicles. For a better understanding of the method, future studies including numerical simulations and laboratory tests are required, which will provide a possibility for creating design protocols for such ultra-lightweight structures.

#### Bibliography:

1. Iftekar, S. F., Aabid, A., Amir, A., & Baig, M. (2023). Advancements and limitations in 3D printing materials and technologies: a critical review. *Polymers*, 15, 2519.
2. Kakabadze. (2020). Anisotropic Behaviour Analysis of 3D Printed Structures. doi:10.13140/RG.2.2.13651.40484
3. Karakurt, I., & Lin, L. (2020). 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 28, 134–143.
4. Lubombo, C., & Huneault, M. A. (2018). Effect of infill patterns on the mechanical performance of lightweight 3D-printed cellular PLA parts. *Materials Today Communications*, 17, 214–228.
5. Moon, S. K., Tan, Y. E., Hwang, J., & Yoon, Y.-J. (2014). Application of 3D printing technology for designing light-weight unmanned aerial vehicle wing structures. *International journal of precision engineering and manufacturing-green technology*, 1, 223–228.
6. Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. J. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia manufacturing*, 35, 1286–1296.

### МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК НАПЕЧАТАННЫХ НЕПРЕРЫВНОЙ 3Д ПЕЧАТЬЮ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АВИАЦИИ

Рамил Зукакишвили, Гиоргий Какабадзе

#### Резюме

В статье представлена концептуальная схема конструкции крыла произведённое с помощи аддитивной технологии, где внутренняя конструкция часть единой тонкостенной оболочки. Это один из методов для производства сверхлегких аэродинамических конструкции для разных направлении, например авиационных, энергетических, автомобильных и т.д. Рассмотрена оптимальная методика проектирования и внутренняя компоновка конструкции, обеспечивающая максимальные прочностные и жесткостные характеристики при минимальном весе конструкции.

უწყვეტი სივრცული ბეჭდვის მეთოდით დამზადებული თხელკედლიანი  
კონსტრუქციების დაპროექტების მეთოდები საავიაციო გამოყენებისთვის

რამილ ზუკაკიშვილი, გიორგი კაკაბაძე

#### რეზიუმე

სტატიაში განხილულია უწყვეტი სივრცული ბეჭდვის ტექნოლოგიის გამოყენებით მიღებული ფრთის კონსტრუქციის სქემა, სადაც შიდა ძალური ელემენტები წარმოადგენენ ერთიანი თხელკედლიანი გარსის ნაწილის. ზემსუბუქი აეროდინამიკური კონსტრუქციების მიღების აღნიშნული მეთოდი ერთ-ერთი საშუალებაა, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა მრეწველობის მიმართულებით, როგორცაა ავიაცია, ენერგეტიკა, ავტოინდუსტრია და ა.შ. ნაშრომში განხილულია დაპროექტების ოპტიმალური მეთოდოლოგია და შიდა კონსტრუქციის ისეთი კონფიგურაცია, რომელიც უზრუნველყოფს სიმტკიცისა და სიხისტის მაქსიმალურ მახასიათებლებს მინიმალური მასის პირობებში.

## პროექტის ორგანიზების ერთ-ერთი მეთოდი პროგრამული პაკეტის AutoCAD-ის გამოყენებით

ნანა ნოზაძე\*, ქეთევან ჭკუასელი\*\*, ლუკა თოლორდავა\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, E-mail: n.nozadze@gtu.ge;

\*\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

E-mail: qetino.chkuaseli@gmail.com;

\*\*\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო და გეოლოგიური ფაკულტეტის I კურსის  
სტუდენტი, E-mail: Tolordava luka24@gtu.ge

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

**რეზიუმე:** როგორც ცნობილია AutoCAD-ი Autodesk-ის ერთ-ერთი პირველი პროდუქტია. ის არის ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემა, იგი იძლევა ნახაზის და მოდელების შექმნის საშუალებას. მას გააჩნია ნახაზში საჭირო ცვლილებების შეტანის შესაძლებლობები და იძლევა ზუსტ საბოლოო ნახაზს. მას გააჩნია რედაქტირების მძლავრი საშუალება, რომლებითაც მოსახერხებელია ნახაზის კორექტირება შესრულების ნებისმიერ ეტაპზე. სტატია სასწავლო მეთოდიკური ხასიათისაა და განხილულია პროექტის ორგანიზების ერთ-ერთი მეთოდი კერძოდ განხილულია სააგარაკე სახლის გეგმის აგება Polyline ხელსაწყო გამოყენებით, შერჩეულია პარამეტრები და განხილულია ნახაზის აგების თანმიმდევრობა.

**საკვანძო სიტყვები:** Line, Polyline, RectAngle.

AutoCAD-ი ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული საინჟინრო პროგრამული პაკეტია, იგი საშუალებას იძლევა საკმაოდ მარტივად ამოიხსნას დამპროექტებლის წინაშე მდგარი საინჟინრო ამოცანების ფართო სპექტრი. იგი იძლევა ნახაზისა და მოდელების შექმნის საშუალებას, ასევე მისი გამოცდის საშუალებასაც.

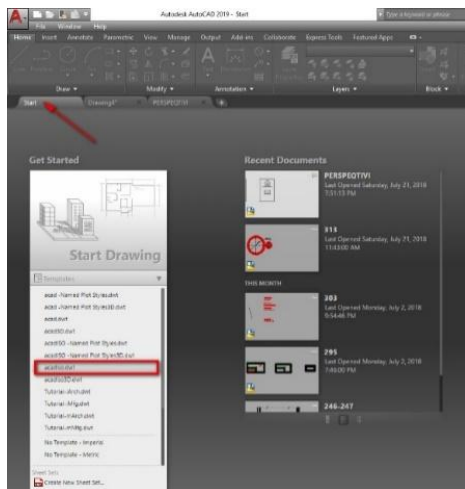
AutoCAD-ი მძლავრი საშუალებაა ნახაზის შესასრულებლად მას გააჩნია ნახაზში საჭირო ცვლილებების შეტანის შესაძლებლობები და იძლევა ზუსტ საბოლოო ნახაზს. მას გააჩნია რედაქტირების მძლავრი საშუალება, რომლებითაც მოსახერხებელია ნახაზის კორექტირება შესრულების ნებისმიერ ეტაპზე.

სტატიაში განვიხილავთ პროექტის ორგანიზების ერთ-ერთ მეთოდს. პროექტის ორგანიზებისათვის განვიხილეთ სააგარაკო სახლის დახაზვის ერთ-ერთი მეთოდი. მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია მომხმარებელზე. მომხმარებელი ირჩევს მეთოდს იმის მიხედვით, რომელი მეთოდია მისთვის უფრო მოსახერხებელი და უფრო მარტივი, ასევე იმის მიხედვით საჭიროა თუ არა მომავალში ამ ორგანზომილებიანი ნახაზიდან სამგანზომილებიანი მოდელის მიღება.

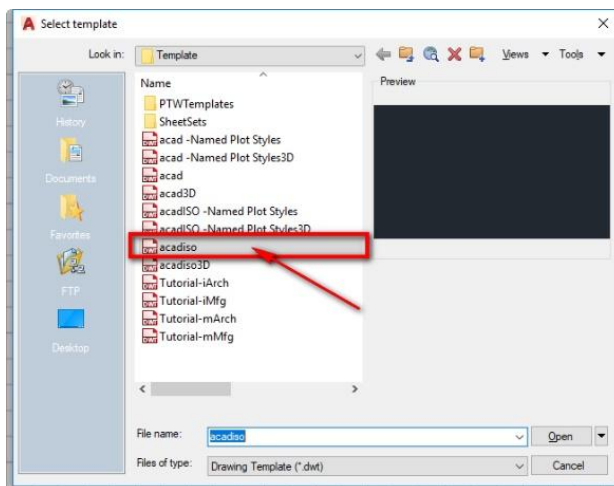
გავხსნათ ახალი ნახაზი. ახალი ნახაზის გახსნის რამდენიმე გზა არსებობს:

1.  ⇒ New ⇒ Drawing ავირჩიოთ შესაბამისი შაბლონი მაგ. acadiso.dwt
2. Menu Bar ⇒ File ⇒ New ავირჩიოთ შესაბამისი შაბლონი მაგ. acadiso.dwt
3. Quick Access Toolbar სწრაფი რეაგირების პანელი ⇒ New

4. Start ⇒ Start Drawing ⇒ ავირჩიოთ შესაბამისი შაბლონი (სურ. 1)  
ჩვენ რომელ მათგანს გამოვიყენებთ არა აქვს მნიშვნელობა, ყველა შემთხვევაში გამოჩნდება დიალოგური ფანჯარა Select template (შევარჩიოთ) შევარჩიოთ acadiso (სურ.2).  
აქ ჩვენ შეგვიძლია შევარჩიოთ AutoCAD-ის შაბლონები.



სურ. 1.



სურ. 2.

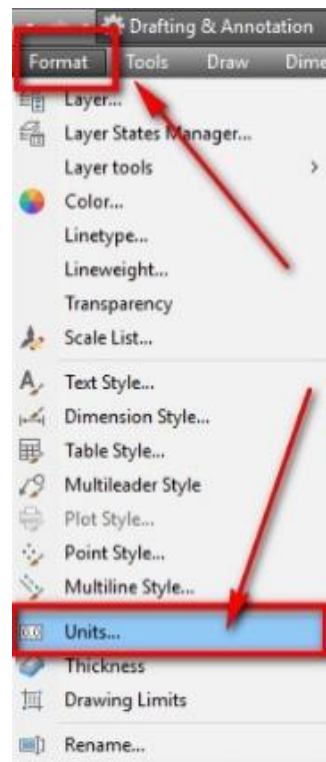
სასურველი ფორმატის შერჩევის შემდეგ, შევარჩიოთ ხაზვისათვის საჭირო ერთეულები, Drawing Units (სურ. 3) (ხაზვის ერთეულები). ბრძანებების სტრიქონში ავკრიფოთ



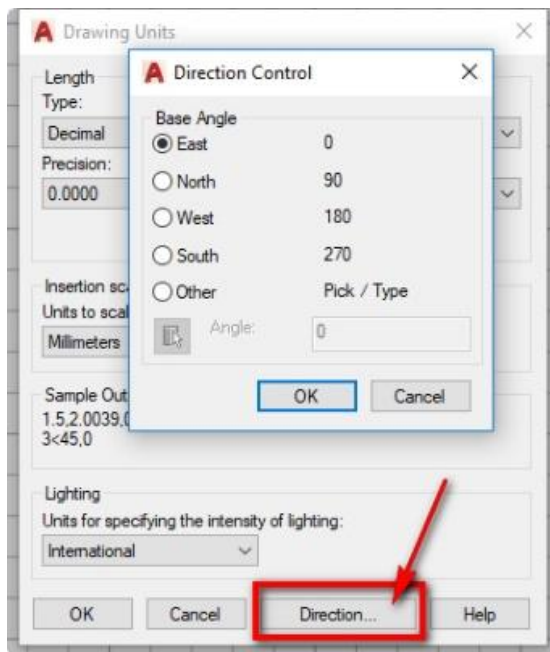
DDUNITS ⇒ Enter ან ⇒ Drawing Utilities ⇒ Units, ან Menu Bar ⇒ Format ⇒ Units (სურ. 3) გაიხსნება დიალოგური ფანჯარა Drawing Units (სურ. 4), რომელშიც შევირჩევთ სასურველ ერთეულებს. გრაფაში Length (სიგრძე) შეგვიძლია მივუთითოთ Type (ტიპი, ნიშნუმი) ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი:



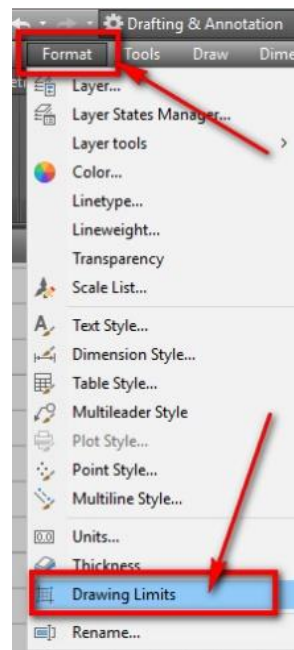
სურ. 1.



სურ. 2.



სურ. 3.

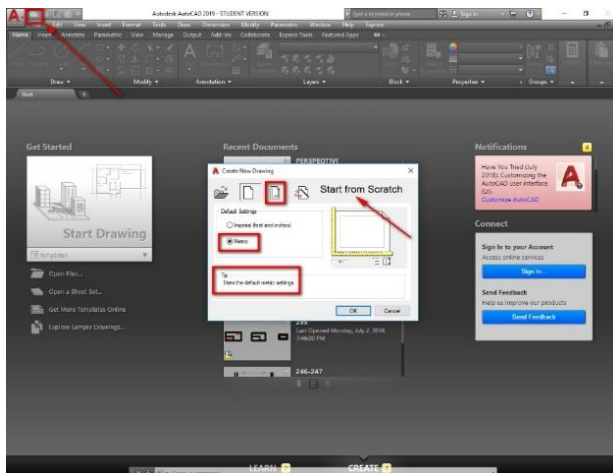


სურ. 4.

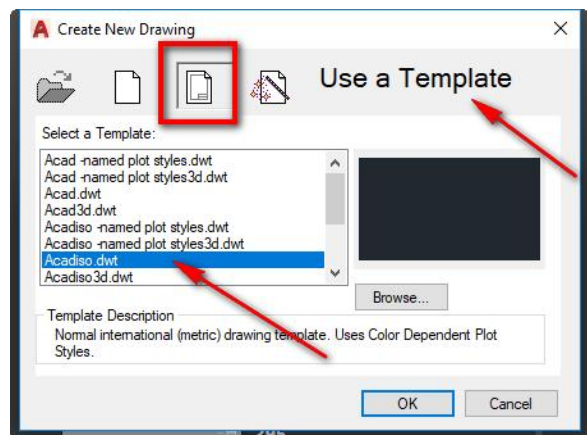
5. Architectural (არქიტექტურული);
6. Decimal (ათობითი);
7. Engineering (საინჟინრო);
8. Fractional (წილადი);
9. Scientific (სამეცნიერო).

სასურველის შერჩევის შემდეგ, ქვემოთ გრაფაში Sample Output (ნიმუშის გამოტანა) გამოჩნდება შერჩეული ტიპის შესაბამისი ნიმუში. ხოლო გრაფაში Precision (სიზუსტე) შესაძლებელია საჭირო სიზუსტის მითითება. გრაფაში Insertion scale (ჩასმის მასშტაბი) ჩვენ შეგვიძლია ერთეულების მითითება მაგ, მილიმეტრი, სანტიმეტრი, მეტრი, ინჩი, ფუტი და ა. შ. გრაფაში Angle (კუთხე) შესაძლებელია Type-ის (ტიპი, ნიმუში) და რეცისიონ-ის (სიზუსტე) მითითება, ხოლო გრაფაში საათის ისრის მიმართულება აღმის ჩასმის შემდეგ დადებითი მიმართულება გახდება საათის ისრის მიმართულება. გრაფაში Lighting (განათება) Units for specifying the intensity of lighting (ერთეულები რომელიც განსაზღვრავს განათების ინტენსივობას) შეგვიძლია მივუთითოთ ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი International (საერთაშორისო, ინტერნაციონალური), American (ამერიკული), Generic (საერთო, ზოგადი). ღილაკზე Direction (მიმართულება) დაწკაპუნების შემდეგ გამოჩნდება ფანჯარა (სურ. 5), სადაც მითითებულია Base Angle (საბაზისო კუთხე) აღმოსავლეთი, რა თქმა უნდა, შეგვიძლია შევცვალოთ იგი ჩვენი შეხედულებისამებრ. ასევე შეგვიძლია მივუთითოთ ფორმატის ზომა, რისთვისაც საჭიროა გამოვიძახოთ Drawing Limits (ნახაზის საზღვრები) Menu Bar ⇒ Format ⇒ Drawing Limits (სურ. 6), ბრძანებების სტრიქონში გამოჩნდება შემდეგი მითითება: Specify lower left corner or [ON OFF] <0.0000,0.0000> (განსაზღვრე ქვედა მარცხენა კუთხე ან [ჩართვა/გამორთვა]<0.0000,0.0000>:) ქვედა მარცხენა კუთხედ შევირჩიოთ კოორდინატთა სათავე, ამისათვის მივუთითოთ ქვედა მარცხენა კუთხის კოორდინატები (0,0) ⇒ Enter შემდეგ მივუთითოთ Specify upper right corner <210.0000,297.0000>: 420,297 (განსაზღვრე

ზედა მარჯვენა კუთხე<210.0000,297.0000>:) ჩვენ მივუთითოთ A3 ფორმატის ზომები ამისათვის მივუთითოთ კოორდინატები (420,297).

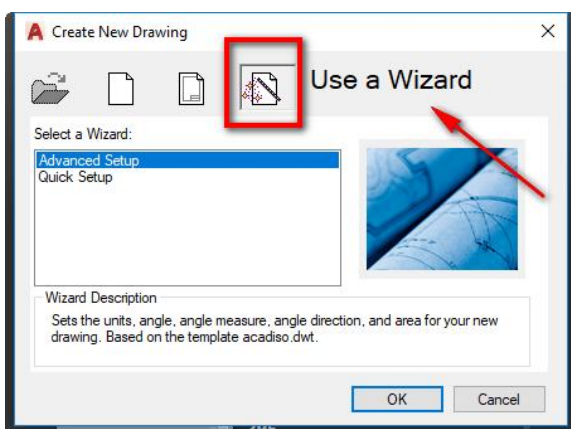


სურ. 7.

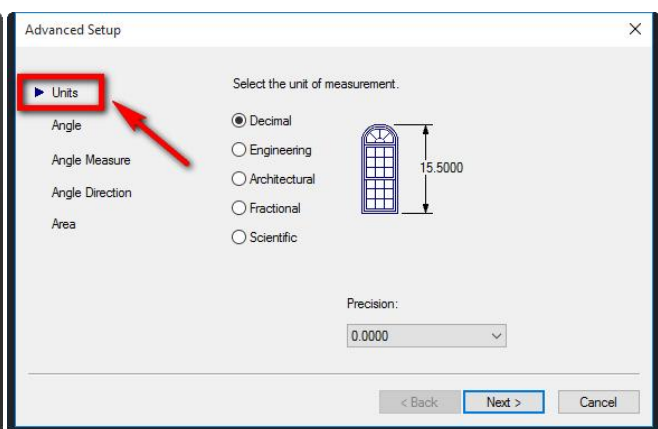


სურ. 8.

რა თქმა უნდა, ყველა ამ ერთეულის მითითება შეგვეძლო თავიდანვე ახალი ფორმატის გახსნის დროს მაგრამ ეს უფრო შრომატევადია, რისთვისაც საჭიროა ბრძანებების სტრიქონში ავკრიფოთ **startup** (დაწყება) ⇒ **Enter** პროგრამა მოგვცემს შემდეგ მითითებას: **Enter new value for STARTUP <0>: 1** (შეიყვანე ახალი მნიშვნელობა დაწყებისათვის(<0>:) ნული ნიშნავს გამორთვას, ხოლო ერთიანი ფუნქციის ჩართვას. ჩვენ მივუთითოთ ერთი და ⇒ **Enter**. ამის შემდეგ გავხსნათ ახალი ფორმატი, მის გახსნამდე გამოჩნდება ფანჯარა **Create New Drawing** (შექმენი ახალი ნახაზი)სადაც მონიშნული იქნება ჩანართი **Start from Scratch** (დავიწყოთ თავიდან) (სურ. 7) აქ სასურველია მივუთითოთ **Metric** (მეტრული), რის შემდეგაც ველში **Tip** (ტიპი) გამოჩნდება წარწერა, რომელიც მიგვითითებს პროგრამა ავტომატურად მოახდენს მეტრული პარამეტრების დაყენებას (სურ. 7). მეორე დილაკზე **Use a Template** (გამოიყენე შაბლონი) დაწკაპუნების შემთხვევაში (სურ.8) გამოჩნდება ახალი ფანჯარა, სადაც ჩვენ შეგვიძლია **AutoCAD**-ის შაბლონებიდან ერთ-ერთის შერჩევა. ხოლო მესამე დაწკაპუნების შემდეგ (სურ. 9) გრაფაში **Select a Wizard:** (შეარჩიე ოსტატი) გამოჩნდება ჩამონათვალი **Advanced Setup**



სურ. 9.



სურ. 10.

(გაფართოებული პარამეტრები) და **Quick Setup** (სწრაფი პარამეტრები). მოვნიშნოთ პირველი მათგანი და დავაწკაპუნოთ დილაკზე **OK**. შედეგად გამოჩენილ ახალ

დიალოგურ ფანჯრებში შესაბამისად მივუთითოთ იგივე პარამეტრები, რომლებიც ზემოთ იყო აღწერილი და თითოეული პარამეტრის მითითების შემდეგ დავაწკაპუნოთ ღილაკზე **Next** (შემდეგი). ხოლო თუ ჩვენ გრაფაში **Select a Wizard:** (შეარჩიე ოსტატი) ჩამონათვალიდან შევირჩევთ **Quick Setup** (სწრაფი პარამეტრები), ამ შემთხვევაში მხოლოდ რამდენიმე პარამეტრის მითითება დაგვჭირდება. რის შემდეგ შეგვიძლია უშუალოდ შევუდგეთ ნახაზის შესრულებას.

დავხაზოთ სააგარაკე სახლის გეგმა (სურ. 12). გავითვალისწინოთ საერთო წესი, რომ ხაზვა უნდა დავიწყოთ მშენებლობის ანალოგიურად. დავიწყოთ ფუნდამენტიდან და ნელ-ნელა დავამატოთ საჭირო ელემენტები და დეტალები. მაგ, გარე კედლები, შიდა ტიხრები, კარები, ფანჯრები, ფურნიტურა და ა.შ. ნახაზის შესრულების სხვადასხვა გზა არსებობს, რომელს ავირჩევთ დამოკიდებულია მომხმარებელზე, ჩვენ კი განვიხილოთ ერთ-ერთი მათგანი. გამოვიძახოთ ხელსაწყო **Line** (ან **Polyline**) მონაკვეთი, მივუთითოთ საწყისი წერტილი და მიმართულება, ჩავრთოთ **Ortho Mode** და რადგან **Drawing Units** ხაზვისათვის საჭირო ერთეულებად შერჩეული გვაქვს მილიმეტრები, მივუთითოთ 7 000 მმ, შემდეგ მივუთითოთ 23 450 შემდეგ 1 050 და ა.შ. ბოლოს კი **CLOSE** (სურ. 13). ამ ოპერაციის შემდეგ დაიხაზება გარე კედლების გარე კონტური. ახლა მივცეთ ბრძანება **Offset** ტირაჟირება და რადგან გარე კედლის სისქე არის 400 მმ ბრძანებაში **Offset** ტირაჟირების მანძილის მოთხოვნის დროს **Specify offset distance or [Through Erase Layer] <Through>:** (შევარჩიოთ ტირაჟირების მანძილი ან [ჩათვლით წაშლა ფენა]< ჩათვლით>:) მივუთითოთ 400. როცა გარე კედლების დახაზვას დავასრულებთ, დავხაზოთ შიგა ტიხრები, შემდეგ ფანჯრები და კარები და აივანი. რაც შეეხება კარებს, მისი დახაზვის მრავალი გზა არსებობს, ჩვენ გამოვიყენეთ ერთ-ერთი, ჩვენი აზრით, ყველაზე მარტივი.



სურ. 11.

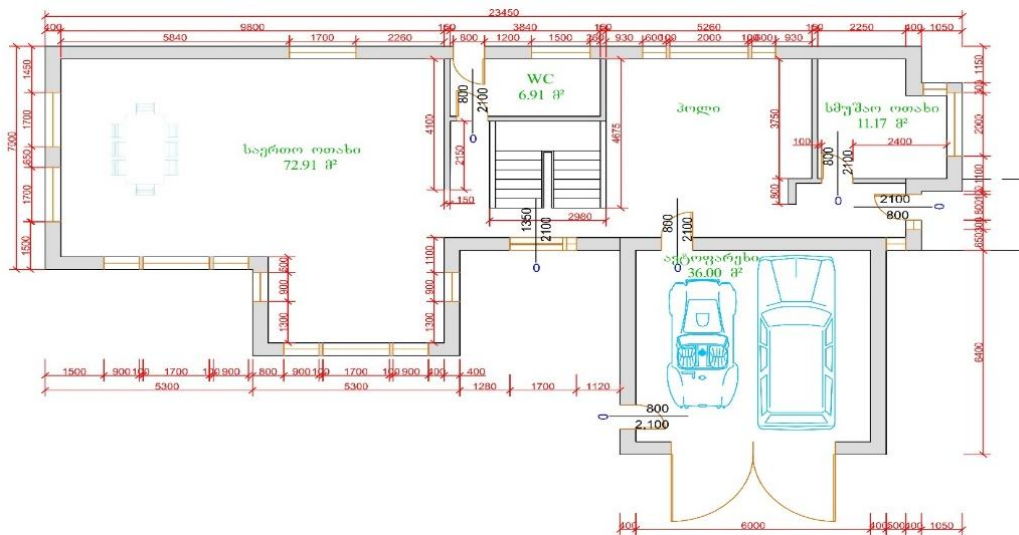


სურ. 12.

აგაგოთ **RectAngle** მართკუთხედი შესაბამისი ზომებით და მოვაბრუნოთ 450, შემდეგ შემოვხაზოთ წრეწირი შესაბამისი ზომის და ხელსაწყო **Trim**-ის საშუალებით მოვაჭრათ წრეწირს ზედმეტი ნაწილი, ჩვენ ნახაზის შესრულების დროს შეგვეძლო ასევე გამოგვეყენებია **AutoCAD**-ში არსებული კარების **Door-Metric** ბლოკი **Tool Palettes** ⇒ **Architectural**



⇒ , ამის შემდეგ დავაწეროთ ზომები.



სურ. 13.

მივიღეთ ნახაზის დასრულებული სახე.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. **George Omura with Brian C . Benton Mastering AutoCAD® 2018 and AutoCAD LT® 2018.** Copyright © 2017 by John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana Published simultaneously in Canada. ISBN: 978-1-119-38679-7 ISBN: 978-1-119-41420-9 (ebk.) ISBN: 978-1-119-41425-4 (ebk.);
2. გ. ჩიტაიშვილი ნ. ნოზაძე, საინჟინრო კომპიუტერული გრაფიკა AutoCAD 2013 „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბ. 2013;
3. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com).

### One of the methods of project organization with help of software package AutoCAD

Nana nozadze, Ketevan Chkuaseli, Luka Tolordava

#### Abstract

As is known, AutoCAD is one of the first products of Autodesk. It is an automated design system, it allows the creation of drawings and models. It has the ability to make necessary changes in the drawing and gives an accurate final drawing. It has a powerful editing tool, that makes it easy to adjust the drawing at any stage of execution. The article is educational methodical nature and discussed one of the method of organizing the project, in particular is discussed the construction of the country house plan, using the tool **Polyline**, the parameters are selected and the order of construction of the drawing is discussed.

### Один из способов организации проекта с помощью программного пакета AutoCAD

Нана Нозадзе, Кетеван Чкуасели, Лука Толордава

#### Резюме

Как известно AutoCAD один из первых продуктов Autodesk-а. Это автоматизированная система проектирования, позволяющая создавать чертежи и модели. Имеет возможность вносить необходимые изменения в чертеж и дает точный окончательный рисунок. Имеет мощный инструмент редоктирования, позволяющий легко корректировать чертеж на любом этапе выполнения. Статья носит учебно методический характер и рассматривается один из способов организации проекта. В частности рассматривается построение плана загородного дома с помощью инструмента **Polyline**, выбираются параметры, а также обсуждается порядок построения чертежа.

UDC 66.045

## მრგვალი ფორმის მქონე ხილის გასაყინავი მოწყობილობა ამირან ლაზარაშვილი\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დოქტორანტი, სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის  
ინჟინერიის ფაკულტეტი, E-mail: [aka.lazarashvili@gmail.com](mailto:aka.lazarashvili@gmail.com)  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** აგროსასურსათო პროდუქტების წარმოებისათვის განკუთვნილი საქართველოს მიწები მთელ მსოფლიოში გამოირჩევა ეკოლოგიური უსაფრთხოებით, ყველაზე ნაკლებად შეიცავს პესტიციდებისა და ანტიბიოტიკების ნარჩენებს. ამიტომ აქ წარმოებული პროდუქცია მიზნადგელია უცხოელი მომხმარებლებისათვის, რაც განაპირობებს ქართული პროდუქციის უცხოეთის ქვეყნებში ექსპორტის ფართო შესაძლებლობებს. თუმცა არსებობს ექსპორტის შემაფერხებელი გარემოებები, რომელთა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია რეალიზაციისათვის განკუთვნილი პროდუქტის სიცივით დამუშავების, შენახვისა და მომხმარებლამდე ტრანსპორტირებისათვის განკუთვნილი მოწყობილობების ნაკლოვანი მხარეები. ეს, პირველ რიგში, შეეხება პროდუქტების სიცივით დამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგიების შესაბამისი მოწყობილობების არარსებობას. ამიტომ პროდუქტების სიცივით დამუშავების ტექნოლოგიური მოწყობილობების ახალი ნიმუშების შემუშავება და დანერგვა თანამედროვეობის აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. დამუშავებულია მრგვალი ფორმის ნაყოფების მოდულირებული კრისტალების ტექნოლოგიის გამოყენებით შოკური გაყინვის ახალი მოწყობილობა.

**საკვანძო სიტყვები:** კრისტალური ტექნოლოგია, მოწყობილობა, სამაცივრო დამუშავება, სასურსათო ნედლეული, შოკური გაყინვა.

### შესავალი

დღევანდელ მსოფლიოში სხვადასხვა ქვეყნებს შორის ვაჭრობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს სფეროს წარმოადგენს სოფლის მეურნეობის პროდუქტების და, მათ შორის, ხილ-ბოსტნეულისა და კენკრას ექსპორტ-იმპორტი. ეს საკითხი უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს ხილსა და ბოსტნეულზე მსოფლიოს მოსახლეობის სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილების პირობებში. რადგან ნებისმიერ ქვეყანაში ხილისა და ბოსტნეულის ყველა სახეობის მოყვანა შეუძლებელია, ამიტომ აუცილებელი ხდება სასურველი პროდუქტების იმპორტი მწარმოებელი ქვეყნებიდან [1, 2].

მსოფლიოს აგროსასურსათო პროდუქტების იმპორტის სისტემაში ჩართულია საქართველოც და ეს ჩართვა დღევანდელი მდგომარეობით სულ უფრო მზარდია. საქართველოს საექსპორტო პროდუქტებს მიეკუთვნება ღვინო, სპირტი და სპირტიანი სასმელები, ხილის ჩირი, მოცვი, დაფნა, თხილი და სხვ. საქართველოს სასოფლო-

სამეურნეო პროდუქტები მიმზიდველია უცხოელი მომხმარებლებისათვის, რადგან ეკოლოგიურად უსაფრთხოა და არ შეიცავს არასასურველ ნივთიერებებს.

მაგრამ სხვადასხვა პროდუქტებზე მოსახლეობის მოთხოვნილების ზრდა არ გულისხმობს ამ პროდუქტების ხარისხისადმი წაყენებული მოთხოვნების შერბილებას. განსაკუთრებით აღსანიშნავია სასურსათო პროდუქტების ხარისხისადმი ევროკავშირის ძალზე მკაცრი მოთხოვნები. ამ მოთხოვნებში ძალზე მკაცრადაა გაწერილისხვადასხვა ნივთიერებების დასაშვები ნორმები, ასევე საერთოდ აკრძალული მრავალი ნივთიერება, განსაკუთრებით ანტიბიოტიკებისა და პესტიციდების ნარჩენების შემცველი პროდუქტები. უფრო მეტიც - ევროკავშირის კანონმდებლობის თანახმად აკრძალულია სასურსათო პროდუქტების იმპორტი ისეთი ქვეყნებიდან [3, 4], სადაც არ არსებობს იმპორტისათვის განკუთვნილი პროდუქტების ხარისხის კონტროლის სისტემა.

აღნიშნულ შეზღუდვებთანაა დაკავშირებული საქართველოში წარმოებული აგროსასურსათო პროდუქტების უცხოეთის ქვეყნებში ექსპორტის სირთულეები. ექსპორტის შემაფერხებელ გარემოებებს შორის აღსანიშნავია თანამედროვე მაღალმწარმოებლური მანქანებისა და მოწყობილობების, აგრეთვე ხილის შესაფუთი მანქანებისა და განსაკუთრებით - სამაცივრე სისტემების ნაკლებობა. თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და შესაბამისი მოწყობილობების გარეშე კი შეუძლებელი ხდება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების შენახვა და საჭიროების მიხედვით სისტემური და სტაბილური მიწოდება მსოფლიო ბაზარზე. მხოლოდ სიცივით დამუშავებისა და შენახვის უახლესი ტექნოლოგიებითაა შესაძლებელი მზა პროდუქციის ხარისხის მაქსიმალური შენარჩუნება, რაც დადებითად აისახება მისი გაყიდვის შესაძლებლობებზე.

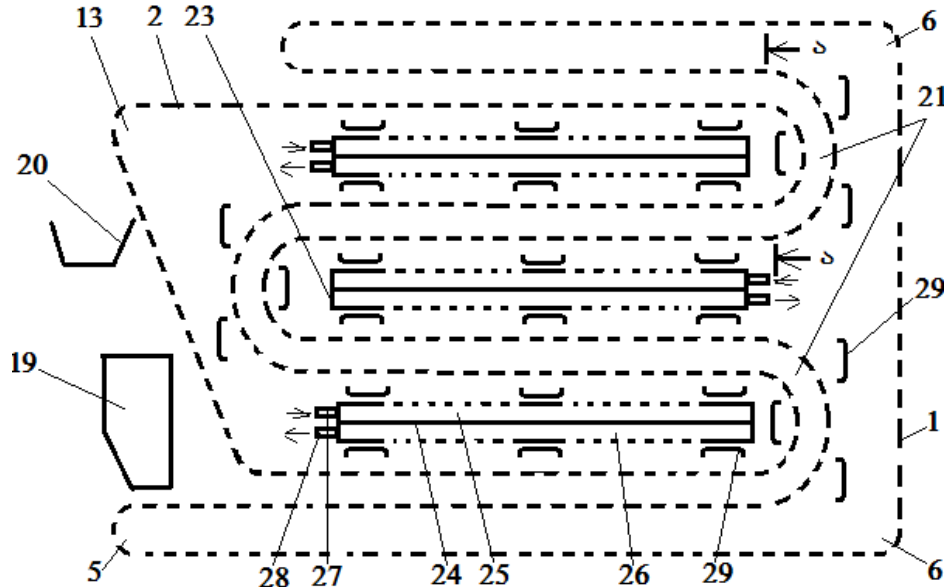
დღეისათვის პროდუქტებისა და ნედლეულის სიცივით დამუშავების ყველაზე თანამედროვე და მაღალეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს მათი შოკური გაყინვა [5, 6] მოდულირებული კრისტალების ტექნოლოგიის გამოყენებით. ასეთი მეთოდით გაყინული პროდუქტი პრაქტიკულად სრულად ინარჩუნებს საწყის ორგანოლეპტიკურ მაჩვენებლებს და მასას. მოდულირებული კრისტალების ტექნოლოგიით შოკურ გაყინვაზე უკეთესი მეთოდი ჯერ-ჯერობით არ არსებობს, მაგრამ ამ მეთოდის რეალიზაციისათვის საჭირო ტექნოლოგიური მოწყობილობა ჯერ კიდევ საჭიროებს დამუშავებას და სრულყოფას.

ამ მიზნით შემუშავებულია მრგვალი ფორმის ნაყოფების შოკური გაყინვის მოწყობილობა, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახაზებზე 1, 2, 3, 4.

### ძირითადი ნაწილი

მოწყობილობის ძირითად მუშა ნაწილს წარმოადგენს უწყვეტი ლენტების სახით დამზადებული ორი ბადე 1, 2, რომლებიც მბრუნავი ვარსკვლავების დახმარებით იღებენ მოძრაობას. ბადე 1 ორივე გვერდითი მხრიდან დამაგრებულია ჯაჭვებზე 3, 4, რომლებიც გადადებულია წამყვან 5 და ამოვლ 6 ვარსკვლავებზე. ამოვლი ვარსკვლავები 6 თავისუფალი სრიალით დასმულია უძრავი საყრდენის 7 მქონე ღერძებზე 8. წამყვანი ვარსკვლავები 5 კი ხისტადაა დამაგრებული ლილვებზე 9, რომლებიც ბრუნვით მოძრაობას ღებულობენ ამძრავი ვერსკვლავას 10 დახმარებით. ბადე 2 ასევე ორივე გვერდითი მხრიდან დამაგრებულია ჯაჭვებზე 11, 12. ეს ჯაჭვები გადადებულია წამყვან 13 და ამოვლ 14 ვარსკვლავებზე. ამოვლი ვარსკვლავები 14 ხისტად დასმულია ლილვებზე 15, რომლებიც, თავის მხრივ, სრიალითაა დასმული უძრავ საკისრებში 16. წამყვანი ვარსკვლავები 13 კი

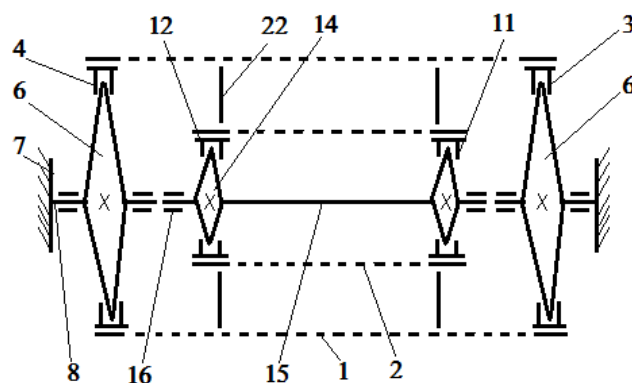
ხისტადა დამაგრებული ლილვზე 17, რომელიც ბრუნვით მოძრაობას ღებულობს ამძრავი ვარსკვლავს 18 დახმარებით.



ნახ. 1. მრგვალი ფორმის მქონე ხილის გასაყინავი მოწყობილობის პრინციპული სქემა

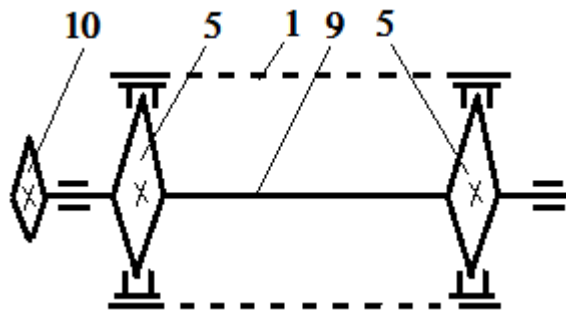
წამყვანი ვარსკვლავს 5 მიმდებარედ ბადის 1 თავზე განლაგებულია დასამუშავებელი (გასაყინავი) ნედლეულის მიმწოდის ბუნკერი 19, რომელიც უზრუნველყოფს ბადის 1 მთელ სიგანეზე ნედლეულის თანაბარ მიწოდებას ერთ ფენად. წამყვანი ვარსკვლავს 13 მიმდებარედ კი მეორე ბადის 2 ქვეშ განლაგებულია დამუშავებული (უკვე გაყინული) პროდუქტის გამოსატვირთი ბუნკერი 20.

### კვეთი ა - ა



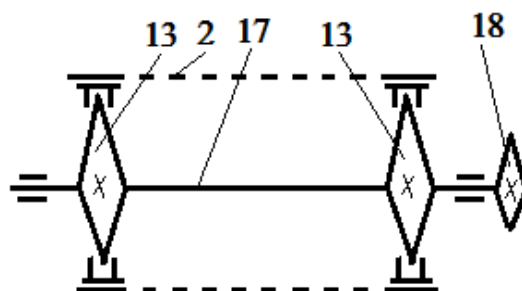
ნახ. 2. მრგვალი ფორმის მქონე ხილის გასაყინავი მოწყობილობის განივი კვეთი

მუშა ბადეები 1, 2 ისეა განლაგებული, რომ ერთმანეთთან ქმნიან დასამუშავებელი ნედლეულის დიამეტრის ტოლ ღრეხს 21 მთელი თავისი სიგრძის მანძილზე როგორც სწორხაზოვან, ისე მრუდწირულ ნაწილებში. ღრეხს მრუდწირული ნაწილები წარმოიქმნება ჯაჭვების (და შესაბამისად ბადეების) მიერ ამყალი ვარსკვლავების (როგორც 6 ისე 14) გარშემოვლის ადგილებში, ხოლო სწორხაზოვანი მონაკვეთები კი წარმოიქმნება აღნიშნულ ვარსკვლავებს შორის ჯაჭვებისა და მათზე დამაგრებული ბადეების მოძრაობის ადგილებში. ბადეებს 1, 2 შორის არსებული ღრეხს 21 ზომის ცვლილება შესაძლებელია ამყალი და წამყვანი ვარსკვლავების დიამეტრების შეცვლის გზით. მეორე მხრივ, ღრეხს ზომა განსაზღვრავს მასში დასამუშავებელი პროდუქტის დიამეტრს.



ნახ. 3. ნედლეულის ქვედა ბადის ამპრავი ლილვი

მთელი თავისი სიგრძის მანძილზე ბადეებს 1, 2 შორის შექმნილი ღრეჩო 21 ორივე ტორსული მხრიდან აღჭურვილია მათთან შეხების შესაძლებლობის გარეშე განლაგებული უძრავი კედლებით 22. ბადეებს 1, 2 შორის არსებული ღრეჩოს 21 სწორხაზოვანი მონაკვეთების ქვეშ განლაგებულია ნედლეულის დამამუშავებელი მოწყობილობები, რომლებიც წარმოადგენს კოლოფს 23 შიგნით არსებული ჰორიზონტალური გამყოფი კედლით 24. გამყოფი კედლის ზედა 25 და ქვედა 26 მხარეები აღჭურვილია ინდივიდუალური მილყელებით 27, 28 დამამუშავებელი აგენტის (ცივი ჰაერის) შესაყვანად და გამოსაყვანად. მუშა ბადეებს 1, 2 შორის არსებული ღრეჩოს 21 მრუდწირული ნაწილების მიმდებარედ ორივე მხრიდან განლაგებულია აკუსტიკური ტალღების გენერატორები 29. ასეთივე გენერატორები 29 განლაგებულია კოლოფების 23 ზედა და ქვედა ზედაპირებზე.



ნახ. 4. ნედლეულის ზედა ბადის ამპრავი ლილვი

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს.

ელექტროძრავების ჩართვის შედეგად ამპრავი ვარსკვლავები 10, 18 იწყებენ ბრუნვით მოძრაობას, რაც განაპირობებს ლილვების 9, 17 და მათზე დამაგრებული წამყვანი ვარსკვლავების 5, 13 ბრუნვით მოძრაობას. ეს უკანასკნელნი მოძრაობაში მოიყვანენ მათთან კონტაქტში მყოფ ჯაჭვებს 3, 4 და 11, 12, რის შედეგად ამ ჯაჭვებზე დამაგრებული მუშა ბადეები 1, 2 იწყებენ მოძრაობას. ამპრავი ლილვების ბრუნვის სიჩქარეები მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რაც განაპირობებს ბადეების 1, 2 ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავებული სიჩქარეებით მოძრაობას.

ბუნკერიდან 19 ხდება გასაყინავი ნედლეულის (ვაშლი, ატამი, გარგარი და სხვ.) მიწოდება ბადის 1 ზედაპირზე. მასზე ჩამოყრილ ნედლეულს ბადე 1 გადაიტანს თავისი მოძრაობის მიმართულებით, რა დროსაც ნედლეულის თავზე აღმოჩნდება მეორე ბადე 2. ამის შემდეგ გასაყინავი ნედლეული აღმოჩნდება ორ მუშა ბადეს 1, 2 შორის არსებულ ღრეჩოში 21 და ასე განაგრძობს მოძრაობას გამოტვირთვამდე. ამ დროს ორივე გვერდითი მხრიდან პროდუქტი შემოსაზღვრულია უძრავი კედლებით 22. ღრეჩოს 21 ჰორიზონტალურ ნაწილებში მის ქვეშ განლაგებული დამამუშავებელი კოლოფებიდან 23 ხდება მუშა აგენტის (საჭირო

ტენიანობისა და ტემპერატურის მქონე ჰაერის) მიწოდება. აღნიშნული მუშა აგენტი მილყელის 27 გავლით მიეწოდება კოლოფის ზედა სექციაში 25, საიდანაც ზედა მხარეზე არსებული ნახვრეტების გავლით ამოდის ზევით და გამსჭვალავს ღრეჩოში 21 მოთავსებულ ნედლეულს. მუშა აგენტის ზემოქმედებით ხდება ნედლეულის გაცივება და გაყინვა, რასაც ხელს უწყობს ბადეების 1, 2 განსხვავებული სიჩქარეებით განპირობებული ღრეჩოს 21 შიგნით არსებული ნაყოფების მცირე სიჩქარით ბრუნვა საკუთარი ღერძის გარშემო. ქვედა შტოზე მყოფი ნაყოფის დამუშავების შემდეგ უკვე ნამუშევარი აგენტი (რომელსაც დაკარგული აქვს საწყისი პარამეტრები და, შესაბამისად, გაყინვის საჭირო უნარი) ადის მაღლა და მის ზევით არსებული დამამუშავებელი კოლოფის 23 ქვედა სექციაში 26 მოხვდება ამ სექციის პერფორირებული ქვედა კედლის გავლით. აღნიშნული ნამუშევარი აგენტი კოლოფის ქვედა სექციიდან 26 მილყელის 28 დახმარებით გამოდის კოლოფიდან და მიემართება მუშაუნარიანობის აღდგენისათვის. ღრეჩოს 21 სწორხაზოვან მონაკვეთზე მუშა აგენტის გარდა ნედლეულის დამუშავება ხდება აგრეთვე გენერატორებიდან 29 გენერირებული აკუსტიკური ტალღების ზეგავლენით. აღნიშნული აკუსტიკური ტალღების სიხშირე ისეა შერჩეული, რომ პროდუქტის შიგნით არსებული ატომების რხევითი მოძრაობის მიმართ რეზონანსს ქმნის. ეს განაპირობებს პროდუქტის გაყინვას აკუსტიკური ტალღების ზემოქმედების პირობებში და, შესაბამისად, გაყინვის დღეისათვის ყველაზე ხელსაყრელ შედეგებს.

ღრეჩოში 21 არსებული ნედლეული სწორხაზოვანი მონაკვეთების გავლის შემდეგ მოხვდება მრუდწირულ მონაკვეთებში. ამ უბნების გავლისას ღრეჩოში არსებულ პროდუქტზე მისი ორივე მხრიდან ზემოქმედებას ახდენს აკუსტიკური ტალღების გენერატორები 29. ამ ზემოქმედების შედეგად მიიღება გაყინული პროდუქტი, რომლის შიგნით წყლის კრისტალები ძალზე მცირე ზომისაა და ვერ აზიანებს პროდუქტის უჯრედებს. ეს უზრუნველყოფს გაყინვისას ნედლეულის ხარისხის მაქსიმალურად შენარჩუნებას.

ბადეებს 1, 2 შორის არსებულ ღრეჩოში მოხვედრილი ნედლეულის გაყინვა ხარისხის მაქსიმალური შენარჩუნებით გრძელდება ამ ღრეჩოს მიერ წამყვანი ვარსკვლავს 13 მიღწევამდე. აქ ღრეჩო 21 იხსნება, რადგან ბადე 1 მოშორდება ნედლეულს. ეს უკანასკნელი ვარსკვლავს 13 გარშემოვლის შემდეგ ჩამოიყრება გაყინული პროდუქტის შემგროვში 20, საიდანაც ხდება მზა (გაყინული) პროდუქციის შესანახ კამერებში გადატანა.

## დასკვნა

გასაყინავ მოწყობილობაში ხდება ნედლეულის დამუშავება როგორც საჭირო პარამეტრების მქონე მუშა აგენტით, ისე აკუსტიკური ბგერებით. ეს უზრუნველყოფს ნედლეულის გაყინვას ხარისხის მაქსიმალური შენარჩუნებით. ამასთან, ნედლეულის მოძრაობის გარკვეულ მონაკვეთებზე (მრუდწირულ მონაკვეთებზე) ხდება მხოლოდ აკუსტიკური დამუშავება, რაც იძლევა ამ ზემოქმედების მაქსიმალური შედეგის მიღწევის შესაძლებლობას. მოწყობილობაში შესაძლებელია ორივე სახის დამუშავების ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, მაქსიმალურად ოპტიმალურ რეჟიმებში განხორციელება, რისთვისაც აკუსტიკური გენერატორები იმუშავებენ მხოლოდ ნედლეულის მოძრაობის მრუდწირულ მონაკვეთებში. თუმცა, თუ აკუსტიკური დამუშავების გაძლიერება აღმოჩნდება აუცილებელი, მუშაობაში ჩაერთვება კოლოფებზე 23 დამონტაჟებული აკუსტიკური გენერატორებიც. როგორც ცივი ჰაერით დამუშავების, ისე

აკუსტიკური ტალღებით დამუშავების მაღალ ინტენსივობას უზრუნველყოფს ბადეების 1, 2 სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობა, რაც განაპირობებს დამუშავების პროცესში ნედლეულის განუწყვეტლივ ბრუნვას და, შესაბამისად, აკუსტიკური ბერებისა და ცივი აგენტის სხვადასხვა ზედაპირებზე ზემოქმედებას ყოველი ცალკეული ნაყოფისათვის.

#### **Literature**

1. A.Lazarashvili, G.Goletiani, T.Isakadze. Acoustic shock freezing device. Proceedings of Georgian Technical University. Tbilisi. Technical University. 2024. # 3 (533).
2. T.Megrelidze, R.Gakhokidze, G.Gugulashvili, E.Sadaghashvili, G.Grdzelishvili. Thermophysical properties of food products during cold processing. Tbilisi: Technical University. 2013.
3. G.Goletiani, Z.Lazarashvili, T.Isakadze, G.Gugulashvili. Design of a cold storage facility for food products. Electronic version of the lecture course. Tbilisi: Technical University. 2022. Central Library of GTU. CD-6914.
4. T.Megrelidze, G.Goletiani, G.Gugulashvili, T.Isakadze, G.Beruashvili. Food products refrigeration technology. Electronic version of the lecture course. Tbilisi: Technical University. 2018. Central Library of GTU. CD-4968.
5. Nelson K.H. Study of the Freezing of Sea Water /Ph. D. Thesis, University of Washington.-1953.
6. Nelson K.H., Thompson T.G. Deposition of Salt From Sea Water by Frigid Concentration//J.Mar.Res.-1954-Vol.13.

#### **Device for freezing round fruits**

**Amiran Lazarashvili**

#### **Summary**

The land of Georgia intended for the production of agri-food products is environmentally safe and contains the least amount of pesticide and antibiotic residues. Consequently, the products produced here are attractive to foreign consumers, which provides ample opportunities for exporting Georgian products throughout the world. However, there are circumstances that hinder export, among which the most notable are the shortcomings of equipment for cold processing, storage and transportation to consumers of products intended for sale. Accordingly, the development and implementation of new devices for refrigeration processing is a pressing issue. In this regard, a new device has been developed for shock freezing of round-shaped fruits using modulated crystal technology.

#### **Устройство для заморозки фруктов круглой формы**

**Амиран Лазарашвили**

#### **Резюме**

Земли Грузии, предназначенные для производства агропродовольственной продукции, отличаются во всем мире экологической безопасностью, содержат наименьшее количество остатков пестицидов и антибиотиков. Поэтому производимая здесь продукция привлекательна для зарубежных потребителей, что создает широкие возможности для экспорта грузинской продукции в зарубежные страны. Однако существуют обстоятельства, препятствующие экспорту, среди которых наиболее примечательны недостатки оборудования для холодной обработки, хранения и транспортировки до потребителей продукции, предназначенной для реализации. В первую очередь это касается отсутствия оборудования, соответствующего современным технологиям холодной обработки. Поэтому разработка и внедрение новых образцов технологических устройств для холодной обработки продуктов является актуальной задачей современности. Разработано новое устройство шоковой заморозки, использующее технологию модулированных кристаллов для фруктов круглой формы.

UDC 513.21

## Revit Architectura roof by footprint single-pitched, gable, hip, and mansard roof

Natela Javakhishvili\*, Tea Baramashvili\*\*

\*Associate Professor, Georgian Technical University, E-mail: [n.javakhishvili@gtu.ge](mailto:n.javakhishvili@gtu.ge);

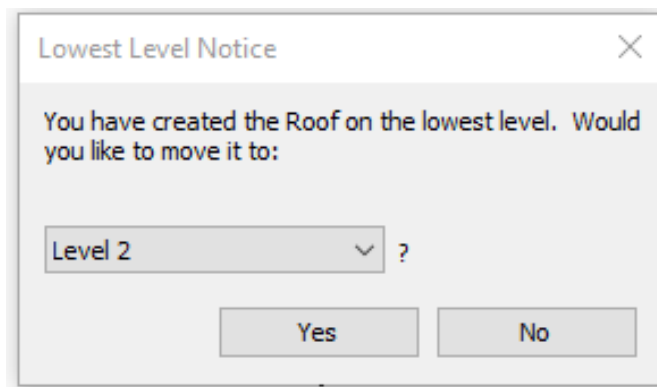
\*\* Professor, Georgian Technical University, E-mail: [baramashvili.t@gtu.ge](mailto:baramashvili.t@gtu.ge)

(Georgian Technical University, №71, M. Kostava str., 0175, Tbilisi, Georgia)

**Abstract:** BIM modeling is one of the most popular topics in construction. It's the process of creating and managing all information throughout any project. Revit software is a BIM tool that allows architects and builders to plan buildings and their components in both 2D and 3D, and access building information from a database. A crucial stage in the building planning process is determining the roof type and its modeling, including selecting the slope and materials.

**Keywords:** Roof, slope formatting, BIM modeling, building contour, Architecture tab.

In the Architecture tab, within the build panel, we select 'ROOF by Footprint'. If we choose the slope direction, the 'Lowest level Notice' table appears. Based on the architectural project, which is a blank project, it doesn't matter which level we choose - level 1 or level 2 (Fig. 1).



*Fig. 1. Selecting Floor Level When Creating a Roof.*

The roof creation will attach to the level from which it begins. At Level 2, the walls appear gray because Level 1 is turned off. We draw the walls from Level 1 to Level 2.

It's convenient to work on the floor level where the roof should be, although levels can be changed after roof creation.

From the Draw panel, we can model the roof using lines, polylines, rectangles, or circular outlines. We create a contour, which must be closed (Esc).

We select the Roof tool, and in the ribbon's parameter line, an additional parameter 'overhang' appears. We enter, for example, 500. We select the roof contour based on the chosen wall contour.

In Properties, we choose a generic roof. For example, Generic 125mm. We move the cursor over one of the walls; the wall contour turns blue, and the roof overhang appears with dashed lines. We press the Tab key; all walls turn blue, and dashed lines appear on all four sides (Fig. 2). We click the left mouse button; a pink roof contour appears, and triangles appear on all four sides of the walls, indicating the roof slope, which in our case is 30°.

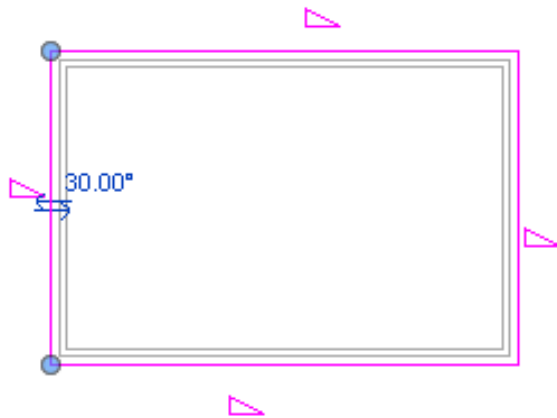


Fig. 2.

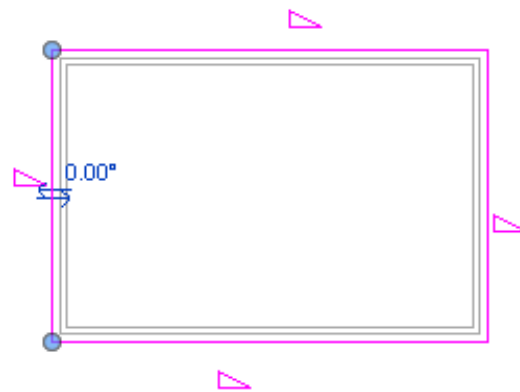


Fig. 3.

Slope formatting (defining the slope - Define Slope) can be done either from the Draw panel (Slope Arrow) or from the Properties panel (Slope). It's possible to turn this function on or off, and to change the slope value for a specific area (line) of the roof. The slope value can be edited for individual sides. To do this, select one of the roof contour lines, highlight the slope value on it, and you can change it by typing the desired number for the slope. The slope can also be changed from the Properties panel - Slope. We can also select all lines at once or several and assign the desired slope, but in this case, it will be the same for all selected lines (Fig. 3). If we want to assign a different slope to any line (roof side), then it must be selected separately or turned off (entering 0° is not recommended). Handles in the form of triangles will also appear, which can be used to adjust the slope up/down in 3D. If we turn off the slope for all contour lines, we will get a flat roof. Select Finish Edit Mode to complete the task.

We observe the 3D view - we have a flat roof without a slope (Fig. 4). We can change the visual style. The resulting roof's connection to levels can be altered.

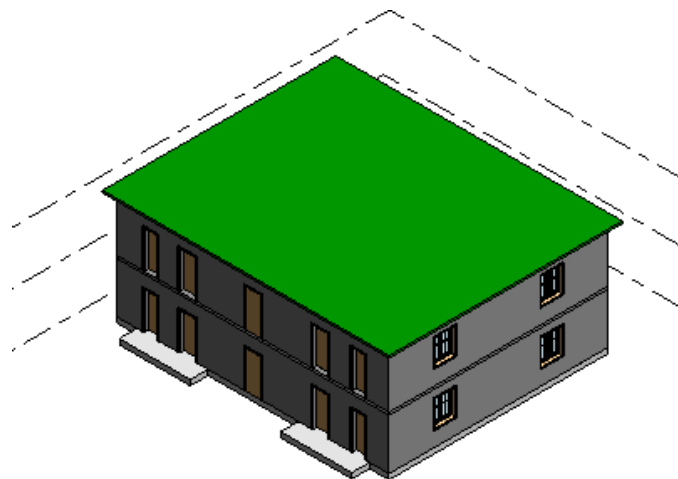


Fig. 4.

We select the roof, and in Properties, we change the Base level from Level 2 to, for example, Level 1, and the roof will move to the 1st floor. We select the roof, and in the Project Browser, we specify Level 1. Then Apply and ESC. Any walls can be attached to any roof, even if they don't reach the roof, but only up to a certain level. In the Modify|Roofs tab, on the Mode panel, we select the projection (sketch), and click Edit Footprint. This action can also be performed in the 3D view. If the wall doesn't reach the roof, we move the cursor to the wall, press Tab, then left-click on the wall, and on the ribbon, we select Attach Top/Base (Modify Walls panel). Then we click on the roof, and the wall

will attach to the roof. In Properties, we select Plate Offset From... and enter, for example, 2000, and finally Apply.

### Single Slope Roof

A single slope roof can also be created in 3D. We can also select Level 2: Architecture tab, build panel, Roof, Roof by Footprint, and in the resulting table, specify, for example, Level 2. It doesn't matter which level we specify; the level can be changed later. From the Draw panel, we select line, polyline, or rectangle and create the desired roof model. In the parameter line, the Define Slope option appears, with the program showing 30° by default. We have the option to change it. For example, we create a rectangular roof model as above, and move the cursor over one side of the building contour; the line turns blue, and a blue dashed line appears, indicating the roof overhang from the wall. We press the Tab key; the entire contour turns blue, and dashed lines appear on all four sides.

We left-click with the mouse; all four sides of the rectangle turn pink, and small triangles appear on all four sides, indicating the roof slope. We turn off the slope definition mark on three sides of the rectangle and confirm the completion of the task (Finish Edit Mode) with the green checkmark (Fig. 5).

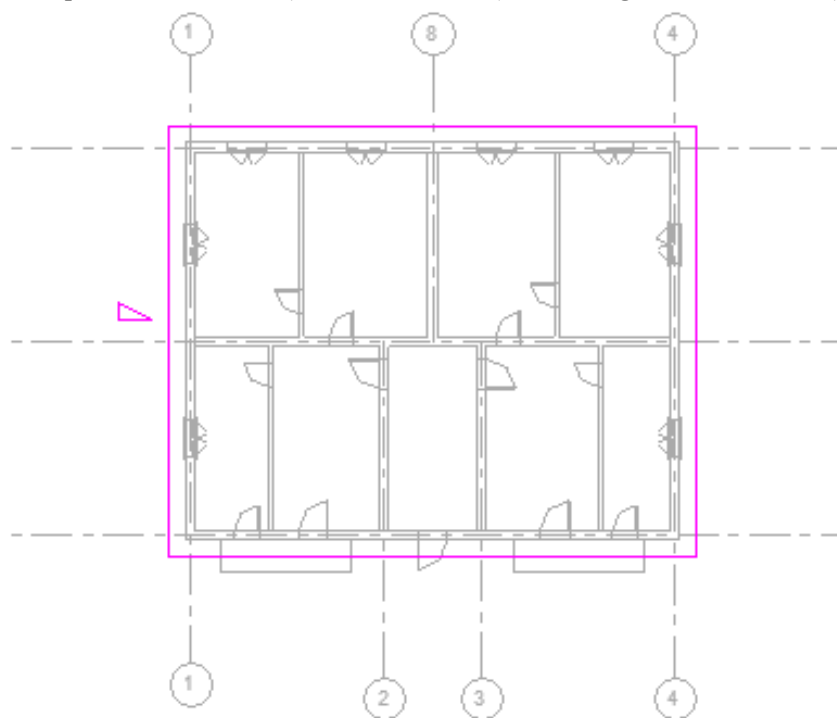


Fig. 5.

We switch to 3D. In the view control panel, we select a high level of detail (Fine) and a realistic view (Realistic). We have created a single slope roof (Fig. 6).

In the Properties panel, we can change the slope, or we can change the slope value using the triangle that appears on the roof.

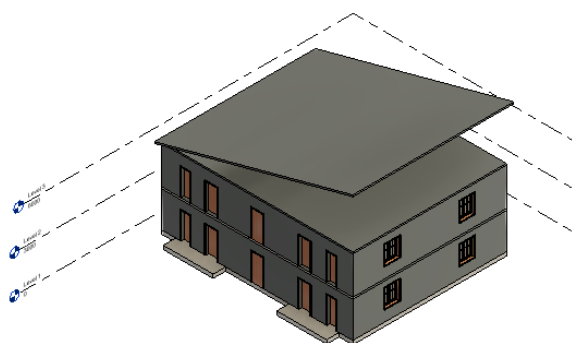


Fig. 6.

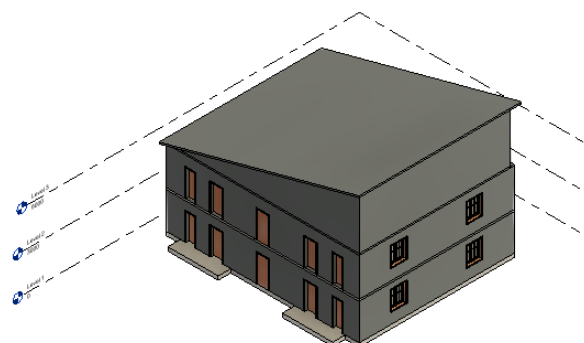


Fig. 7.

By double-clicking the left mouse button, you can enter sketch edit mode (Modify tab, Mode panel, Edit Footprint), and the pink lines of the contour will appear. You can then enter the slope value from the keyboard. You can also change the roof type, material, structure, layer structure from the Properties panel, select the desired thickness, and attach the walls to the roof using our familiar method if necessary (Fig. 7).

### Double Slope Roof

Let's create a double slope roof. Select the Level 2 floor plan. Choose the Architecture tab, build panel, Roof, Roof by Footprint. The Lowest Level Notice table appears. Select Level 2 (second floor level) (Fig. 8).

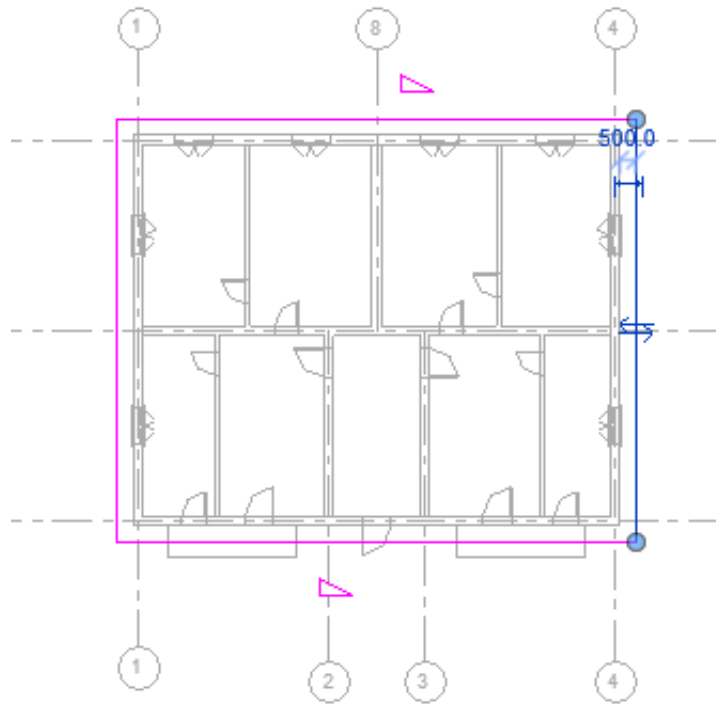


Fig. 8.

Draw the rectangular contour of the building, enable slope definition (Defines Slope) by holding down the left mouse button, select the two opposite parallel lines of the roof, and disable the slope definition mark on the lines where we don't need a slope, using Define Slope (Fig. 9).

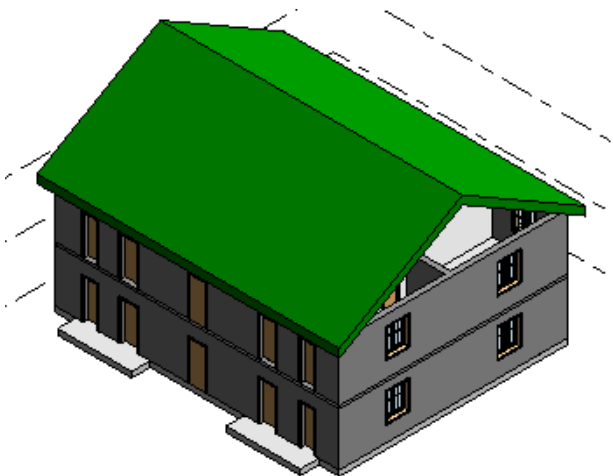


Fig. 9.

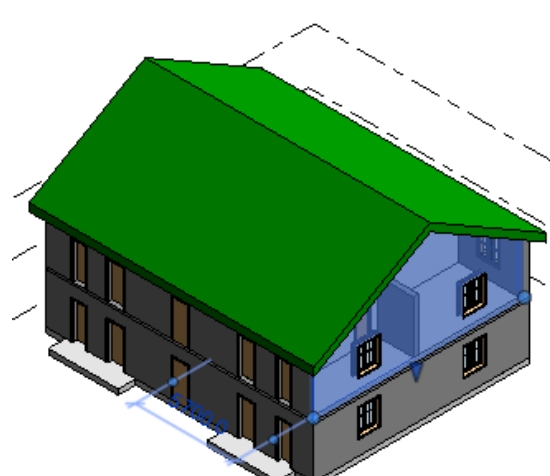


Fig. 10.

Show the Modify panel, then select the wall where you need to disable the slope. In the parameter line, uncheck the Define Slope box. Then, repeat the same actions for the other side of the roof. Confirm the execution of this action (Finish Edit Mode), and turn on the 3D view (Fig. 10).

We have obtained a double slope roof. If it becomes necessary to attach walls to the roof, we do so using our familiar method.

### Three Slope Roof

Let's perform the same actions: Architecture tab, build panel, Roof, Roof by Footprint. The table appears, the lowest level is Lowest Level Notice, we select the second floor level - Level 2 (Fig. 11).

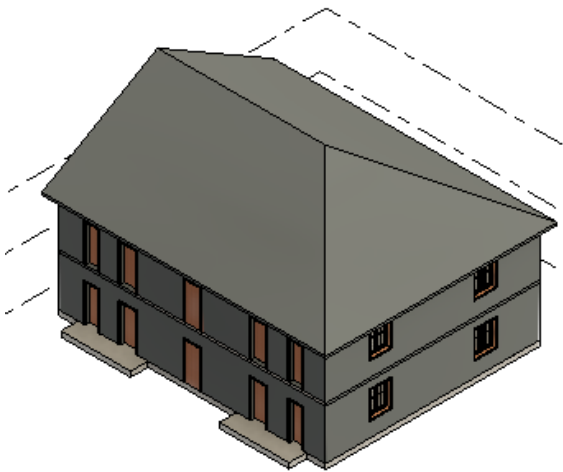


Fig. 11.

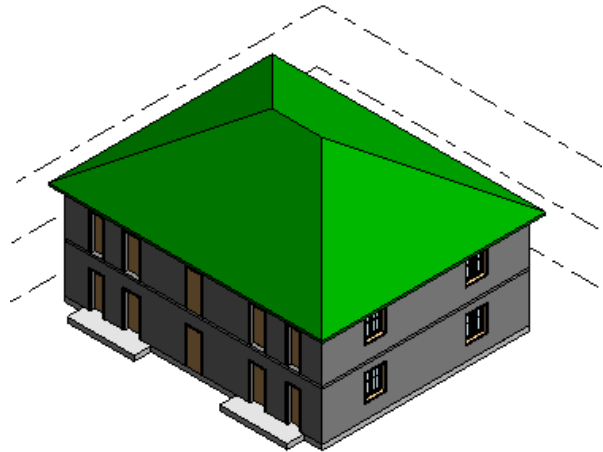


Fig. 12.

In the Properties panel, we select the desired roof type, for example, Generic 125mm. Let's create a roof model. For example, a rectangle. We turn off the slope definition indicator for one of the lines. We confirm the action (Finish Edit Mode) and turn on the 3D view. We have obtained a three-slope roof.

### Four Slope Roof

A four-slope roof is the simplest to draw. Let's perform the same actions: Architecture tab, build panel, Roof, Roof by Footprint. In the Lowest Level Notice table, we select one, for example, Level 2. In Properties, we select the roof type. We do not change the specified slope and confirm the action (Finish Edit Mode). In 3D, we have obtained a four-slope roof. If necessary, we attach the walls to the roof using the Attach Top/Base tool (Fig. 12).

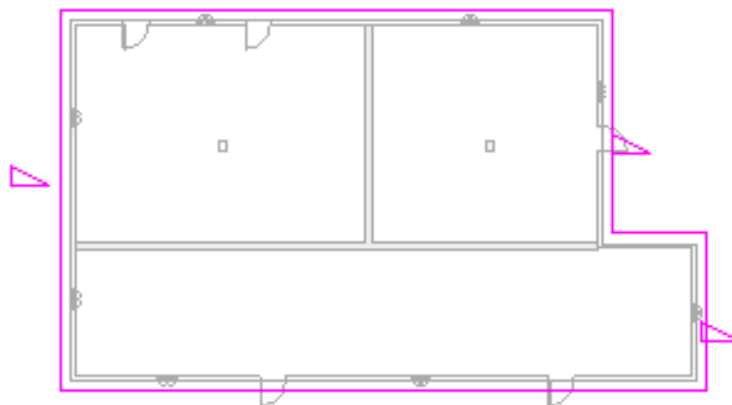


Fig. 13.

Let's take a more complex outline of the walls. Let's set the roof overhang from the wall (overhang) to, for example, 500. Similar to the previous examples, move the cursor over one of the walls. Then, using the Tab key, left-click to select the two-dimensional contour of the wall boundaries, and finally press ESC (Fig. 13).

Disable the slope indicator on the horizontal directions by unchecking the slope formation flag. Confirm the action with Finish Edit Mode, and in the 3D view, we obtain a roof with a slope in two directions (Fig. 14).

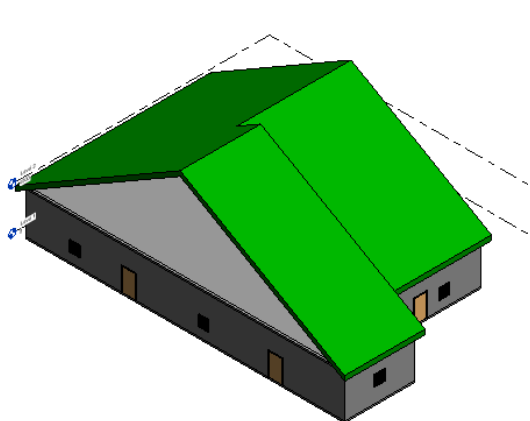


Fig. 14.

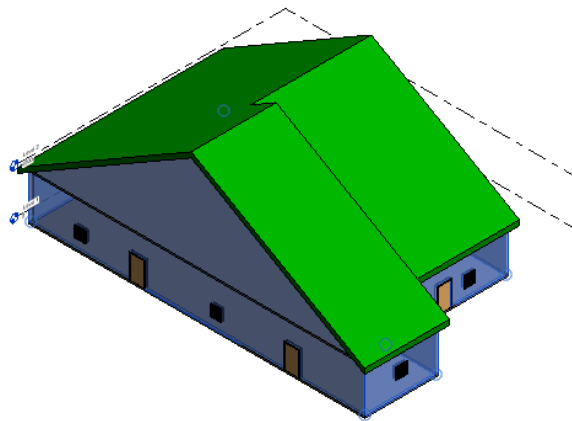


Fig. 15.

Now it is necessary to attach the wall to the roof. On the ribbon, we select Attach Top/Base. If it is necessary to detach any wall, we detach it using Detach Top/Base. We select the wall first, then the roof (Fig. 15).

### Partially Four-Slope Roof

Construction is done in the same way, with minor changes. Architecture tab, build panel, Roof, Roof by Footprint. Choose the floor level, for example, Level 2 "yes". Draw panel - selects the Pick Walls tool. Move the cursor to the wall - Tab, left-click to make the entire contour pink. Then, click on the Modify tab. Select two walls of the same direction and select them individually. In Properties, find Plate-offset From (enter, for example, 2000) and Apply. Select Finish Edit Mode to complete the work (Fig. 16).

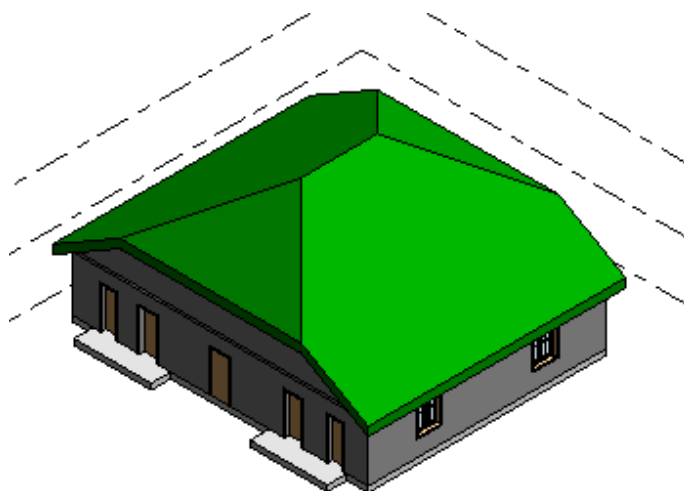


Fig. 16.

**References and Literature and Bibliography:**

1. ნ. ჯავახიშვილი, თ. ბარამაშვილი, ქ. ჭკუასელი, „კომპიუტერული გრაფიკული პროგრამა Revit“ (სახელმძღვანელო), საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISBN 978-9941-28-999-6, 174 გვ., 2023წ.;
2. [https://public.iutenligne.net/dessin-industriel/fauqueux/revit\\_web\\_gen\\_web/res/Revit.pdf](https://public.iutenligne.net/dessin-industriel/fauqueux/revit_web_gen_web/res/Revit.pdf)
3. <https://www4.ac-nancy-metz.fr/echanges-pedagogiques-btp/?q=node/311>
4. Revit for Architecture Updates and Enhancements, 2017, paper 15; [https://s3.us-east-2.amazonaws.com/pfacs.downloads/Books/2016\\_Revit\\_Architecture/RAC2017\\_Update.pdf](https://s3.us-east-2.amazonaws.com/pfacs.downloads/Books/2016_Revit_Architecture/RAC2017_Update.pdf)
5. User's Guide, Revit Architecture 2011, paper 1836, © 2010 Autodesk
6. <https://www.autodesk.com/products/revit/features>
7. [https://www.academia.edu/31594762/Revit\\_Exercise](https://www.academia.edu/31594762/Revit_Exercise)
8. [https://www.studmed.ru/kocar-m-v-revit-structure-bazovyy-kurs\\_c7f1398a1bf.html](https://www.studmed.ru/kocar-m-v-revit-structure-bazovyy-kurs_c7f1398a1bf.html)

**Revit Architectura სახურავი კონტურის მიხედვით ერთქანობიანი,  
ორქანობიანი, სამქანობიანი, ოთხქანობიანი სახურავი  
ნათელა ჯავახიშვილი, თეა ბარამაშვილი  
რეზიუმე**

BIM მოდელირება ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული თემაა მშენებლობაში. ეს არის ნებისმიერ პროექტში მთელი ინფორმაციის შექმნის და მართვის პროცესი. **Revit** პროგრამული უზრუნველყოფა არის BIM-ი, რომელიც საშუალებას აძლევს არქიტექტორებს და მშენებლებს დააგეგმაროს შენობები და მისი კომპონენტები როგორც 2D-ში, ისე 3D-ში და მიიღოს წვდომა შენობის ინფორმაციაზე მონაცემთა ბაზიდან. შენობის გეგმარების პროცესში უმნიშვნელოვანესი ეტაპია სახურავის ტიპის გადაწყვეტა და მოდელირება, ქანობის და მასალის შერჩევა.

**Revit Architecture Крыша по контуру односкатная, двускатная,  
трехскатная, четырехскатная крыша  
Натела Джавахишвили, Теа Барамашвили  
Резюме**

BIM-моделирование - одна из самых популярных тем в строительстве. Это процесс создания и управления всей информацией в любом проекте. Программное обеспечение Revit - это BIM-инструмент, который позволяет архитекторам и строителям проектировать здания и их компоненты как в 2D, так и в 3D, и получать доступ к информации о здании из базы данных. Важным этапом в процессе проектирования здания является определение типа крыши и ее моделирование, выбор уклона и материала.

## მაღალმთიანი რეგიონების ტყესაკაფი სამუშაო პროცესების ეკონომიკური სარგებლის განსაზღვრა მაია გოგოტიშვილი\*

\*ასოცირებული პროფესორი, ელ. ფოსტა: [maiagogoti@yahoo.com](mailto:maiagogoti@yahoo.com)  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №71, 0175, თბილისი,  
საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში ახალი მეთოდის საფუძველზე დამუშავებულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესის კომპლექსური მექანიზაციის ტექნოლოგიური სქემა, სადაც გათვალისწინებულია რთული მთაგორიანი ტყესაკაფების ათვისების თავისებურებები; გადაწყვეტილია მორთვეის ტექნოლოგიურ პროცესის ოპერაციების ოპტიმალური რაოდენობა და რაციონალურად შესრულების თანმიმდევრობა ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით ჩატარებული მორთვეის ტექნოლოგიური პროცესის კომპლექსური მექანიზაციის ეკონომიკური ანგარიშის საფუძველზე დადგენილია  $1\text{მ}^3$  განივგადასატანი მორსათრევი ზედა საწყობზე მორთველი-ჩამოშვებული ხე-ტყის თვითღირებულება.

**საკვანძო სიტყვები:** ტყესაკაფი, ტექნოლოგიური სქემა, მორთვეი, მექანიზაცია, ეკონომიკური სარგებელი.

### შესავალი

მთაგორიან პირობებში ხე-ტყის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესი რთულია და მოითხოვს ტყესაკაფზე ხე-ტყის პირველადი ტრანსპორტირების, ანუ მორთვეის სამუშაო პროცესის არსებული ტექნოლოგიების და მორსათრევი ტექნიკის სწორად შერჩევას, აგრეთვე საჭიროების შემთხვევაში ახალი მოწინავე ტექნოლოგიების და მანქანათმშენებლობის დამუშავებას და შექმნას, რაც თავის მხრივ, დაკავშირებულია თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ჩატარების აუცილებლობასთან.

ხე-ტყის დამზადება მთაგორიან პირობებში როგორც წესი ხდება მორთვეით და საბაგირო დანადგარების გამოყენებით. ჩვენ შემთხვევაში შემოთავაზებული ამ ორი პროცესების კომპლექსური გამოყენება. კერძოდ ჩატარებულია კომპლექსური მექანიზაციის ეკონომიკური ანგარიში. ცალ-ცალკე დათვლილია ხარჯები ხე-ტყის მორთვეის და საბაგირო დანადგარის ტრანსპორტირების ხარჯები.

### ძირითადი ნაწილი განვსაზღვროთ საწვავ-საცხები მასალები გამოყოფილ სალიკვიდაციო მარაგზე

1. საბაგირო დანადგარი – სიმძლავრე 50ცხ.ძ, საწვავი ბენზინი 60გრ/ცხ.ძ.სთ-ში  
 $60 \cdot 50 = 3000\text{გრ} = 3\text{ლიტრი.}$

ბენზინის ხარჯი 23 დღის განმავლობაში

$$8 \cdot 3 \cdot 23 = 552 \text{ ლიტრი.}$$

2. ბენზომრავიანი ხერხი – 4 ც.

ბენზინის ხარჯი 23 დღის განმავლობაში

$$10,5 \cdot 4 \cdot 23 = 966 \text{ ლიტრი;}$$

3. ზეთის ხარჯი 23 დღის განმავლობაში

$$0,5 \cdot 4 \cdot 23 = 46 \text{ ლიტრი.}$$

საწვავ-საცხოხი მასალების საორიენტაციო ღირებულება 2022წლის იანვრის თვეში საბაზრო ფასებით:

$$1. \text{ ბენზინი } (552 + 966) \cdot 2,5 = 3795 \text{ ლარი};$$

$$2. \text{ ზეთი } 46 \cdot 5 = 230 \text{ ლარი.}$$

სულ საწვავ-საცხოხი მასალების ღირებულებაა 6371 ლარი.

$$4025 : 1585 = 2,54 \text{ ლარი.}$$

მაშასადამე, ძირითადი საწარმოო ფონდის და საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულების გათვალისწინებით 1მ<sup>3</sup>ხე-ტყის ზედა საწყობზე ტრანსპორტირების ჯამური თვითღირებულებაა:

$$K'_{\text{ჯამ}} = 56,46 + 0,51 + 2,54 = 59,51 \text{ ლარი.}$$

№ 1 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით ვაწარმოებთ ხე-ტყის მორთრევის სამუშაო პროცესის ეკონომიკურ ანგარიშს. ხის წაქცევის ადგილიდან ე.ი. ჯირკიდან ხე-ტყის მორთრევას აწარმოებს მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი, რომელიც გადაადგილდება მთელ ტყეკაფზე საბაგირო დანადგარის ბაქნამდე.

ვანგარიშობთ 1მ<sup>3</sup>ხე-ტყის მორთრევის თვითღირებულებას ფორმულით

$$K = K_1 + K_2 + K_3,$$

სადაც  $K_1$ – 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები, სატრაქტორო სატვირთო ბაქნის მშენებლობის და შენახვის ღირებულებიდან, ლარი;

$K_2$ – 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები, სატრაქტორო საკაბდოების მშენებლობის და შენახვის ღირებულებიდან, ლარი;

$K_3$ – 1მ<sup>3</sup> ხე-ტყეზე მოსული კუთრი დანახარჯები, მთა-ით მორთრევის ღირებულებიდან, ლარი.

#### საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულების გაანგარიშება

საპასპორტო მონაცემების თანახმად მთა-ის ტრაქტორის TT-4-ის ძრავას დიზელის საწვავის ხარჯი ერთ ცხ.ძალაზე საათში შეადგენს 180გრამს. ძრავას სიმძლავრეა 110 ცხ.ძ, შესაბამისად გვექნება 19,8 ლიტრი საათში.

8 საათიანი საწარმოო ციკლზე სამი აგრეგატისათვის 13 დღის განმავლობაში დიზელის ხარჯი მთა-ისათვის გვექნება

$$19,8 \times 8 \times 3 \times 13 = 6178 \text{ ლიტრი.}$$

ამას ემატება საწვავის ხარჯი ბულდოზერისათვის

$$160 \times 13 = 2080 \text{ ლიტრი.}$$

მთლიანად დიზელის ხარჯი იქნება

$$6178 + 2080 = 8258 \text{ ლიტრი.}$$

2022 წლის მონაცემებით საქართველოში 1ლიტრი დიზელის ღირებულება შეადგენს 2,50ლარს. დიზელის ღირებულება გვექნება:

$$8258 \times 2,50 = 20645 \text{ ლარი.}$$

ბენზინის ხარჯი ოთხი ბენზომრავიანი ხერხისათვის 13დღიან საწარმოო ციკლზე გვექნება:

$$10,5 \times 4 \times 13 = 546 \text{ ლიტრი,}$$

ბენზინის ღირებულება გვექნება 2,50 ლარი ლიტრზე,

$$546 \times 2,50 = 1365 \text{ ლარი.}$$

ზეტის დანახარჯი 13დღიან საწარმოო ციკლზე ოთხი ხერხისათვის

$$0,5 \times 4 \times 13 = 26 \text{ ლიტრი.}$$

ზეტის ღირებულება 5ლარი ლიტრზე

$$26 \times 5 = 130 \text{ ლარი.}$$

1 მ<sup>3</sup>ხე-ტყის დამზადებაზე დახარჯულ საწვავ-საცხები მასალების თვითღირებულება სალიკვიდო მარაგზე ტოლია

$$22140 : 1415 = 15,65 \text{ ლარი.}$$

ძირითადი საწარმოო ფონდების თვითღირებულების საორიენტაციო (მიახლოებითი) ანგარიში.

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. მთა-ის ღირებულება    | $3 \cdot 160000 = 480000$ ლარი |
| 2. ბუღდოზერის           | 150000 ლარი                    |
| 3. ბენზომრავიანი ხერხის | $4 \cdot 1000 = 4000$ ლარი     |
| სულ                     | 634000 ლარი                    |

ამორტიზაციის წლიური ნორმა აიღება 20%

$$634000 : 5 = 126800 \text{ ლარი.}$$

ძირითადი საწარმოო ამორტიზაციის ფონდის 13 დღეში დახარჯული თანხა

$$126800 : 365 \cdot 13 = 4516, 2 \text{ ლარი.}$$

1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყეზე გვექნება დახარჯული დღიური თანხა ამორტიზაციის ფონდის

$$4516,2 : 1415 = 3,19 \text{ ლარი.}$$

ამ მონაცემების დაჯამებით მივიღებთ სავარაუდო დანახარჯს ხე-ტყის მორთრევაზე:

მუშათა ხელფასი + დიზელის ღირებულება + ბენზინის ღირებულება + ზეთის ღირებულება +  
საამორტიზაციო ანარიცხები +  $K_{\text{მოლ.}}$

$$16640 + 20645 + 1365 + 130 + 4516,2 + 77867,5 = 121163, 7 \text{ ლარი.}$$

მიღებული მნიშვნელობის გაყოფით დასამზადებელი ხე-ტყის საერთო მოცულობაზე, მივიღებთ 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევის დანახარჯს:

$$K'_1 = 121163,7 : 1415 = 85,63 \text{ ლარი.}$$

მთა-ით მორთრეული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება საბაგირო დანადგარის ბაქნამდე არის 85,63 ლარი, ხოლო საბაგირო დანადგარის ბაქნიდან ზედა საწყობზე ჩამოშვებული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება ტოლი იქნება

$$K''_2 = \frac{C_3}{\Pi_{\text{გ3}}} = \frac{150}{70} = 2,14 \text{ ლარი,}$$

სადაც  $C_3$  – ჯალამბრის მანქანა ცვლის შენახვის თვითღირებულება, მეჯალამბრის და მუშის ხელფასის ჩათვლით.

მაშასადამე, პლატოზე 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის მორთრევაზე და მის ჩამოშვებაზე ზედა საწყობამდე, გვექნება

$$K''_{\text{ჯამ}} = K'_1 + K''_2 = 85, 63 + 2,14 = 87,77 \text{ ლარი.}$$

ამრიგად, № 11 ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით ორივე ტყესაკაფიდან ზედა საწყობზე მორთრეული 1 მ<sup>3</sup> ხე-ტყის თვითღირებულება საშუალოდ ტოლია

$$K_6 = \frac{K'_{\text{ჯამ}} + K''_{\text{ჯამ}}}{2} = \frac{59,51 + 87,77}{2} = 73,64 \text{ ლარი.}$$

## დასკვნები

- შემოთავაზებულია მთაგორიან პირობებში ხე-ტყის დამზადების ახალი ტექნოლოგიური პროცესი. ამ მეთოდების საფუძველზე დამუშავებულია ტყესაკაფი სამუშაო პროცესის კომპლექსური მექანიზაცია, სადაც გათვალისწინებულია რთული მთაგორიანი ტყესაკაფების ათვისების თავისებურებები;
- ჩატარებული თეორიული გამოკვლევები გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ მორთრევის პროცესი 20<sup>0</sup> -მდე დახრილობის ტყესაკაფებზე სასურველია განხორციელდეს მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატებით, ხოლო 37<sup>0</sup>-მდე და მეტი დახრილობის ტყესაკაფებზე

საჭიროა პროცესი განხორციელდეს გამარტივებული მოკლედისტანციური მობილური საჰაერო საბაგირო მორსატრევი დანადგარებით.

3. შემოთავაზებული ტექნოლოგიური აქემის მიხედვით ჩატარებული მორსატრევის ტექნოლოგიური პროცესის კომპლექსური მექანიზაციის ეკონომიკური ანგარიშის საფუძველზე დადგენილია 1მ<sup>3</sup> განივგადასატანი მორსატრევი დანადგარი ზედა საწყობზე მორსატრეული-ჩამოშვებული ხე-ტყის თვითღირებულება 73,64 ლარი.

#### **გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. ბალაშვარაშვილი ზ., გელაშვილი ი., დუნდუა პ., „მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის გრძივი მდგომარეობის გამოკვლევა ფერდობის კრიტიკული დახრის კუთხის მიხედვით“.სატყეო მოამბე, საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი,თბილისი 2011, N4. 84-90გვ.;
2. ბალაშვარაშვილი ზ., გელაშვილი ი., ტყემალაძე რ., „ხე-ტყის ორმხრივი საჰაერო საბაგირო მორსატრევი დანადგარი. საქპატენტი. პატენტი GE4779B. 09.10.09 N17;
3. ბალაშვარაშვილი ზ., ჩიტიძე ზ., გელაშვილი ი., აბაიშვილი ვ., „ ხე-ტყის დასამზადებელი მანქანები და მოწყობილობები. თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2015წ. 276 გვ.

#### **Определение экономической эффективности процесса лесозаготовок в высокогорных регионах**

**Maia Gogotishvili**

#### **Резюме**

На основе новой методики разработана технологическая схема лесозаготовительных работ, где учтены особенности сложных высокогорных лесных рельефов, разработаны операции технологических процессов трелевки леса как в оптимальном количестве, так и в их рациональной последовательности. Согласно технологической схемы проведены экономические расчеты процесса комплексной механизации трелевки леса и установлена себестоимость трелевки 1 м<sup>3</sup> леса.

#### **Determination of the Economic Benefits of Logging Operations in Highland Regions**

**Maia Gogotishvili**

#### **Abstract**

The article develops a technological scheme for the complex mechanization of the logging process, based on a new methodology, which takes into account the specific characteristics of developing complex mountainous logging areas. The optimal number of operations in the skidding technological process and the rational sequence of their execution are determined. Based on the economic calculation of the complex mechanization of the skidding technological process, carried out according to the technological scheme, the cost price of 1m<sup>3</sup> of cross-transported skidded-lowered timber to the upper warehouse is established.

## მრავალ ინსტრუმენტალური საფრეზი თავი მერქნული მასალების დამამუშავებელი ჩარხისთვის

ზაურ ჩიტიძე\*, იგორ გელაშვილი\*\*, მაია გოგოტიშვილი\*\*\*,  
ნინო ბჟალავა\*\*\*\*, მაკა ჟღენტი\*\*\*\*\*

\*პროფესორი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: [z.chitidze@gtu.ge](mailto:z.chitidze@gtu.ge)

\*\*მოწვეული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: [igorgelashvili@mail.ru](mailto:igorgelashvili@mail.ru);

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

ელ. ფოსტა: [maiaogoti@yahoo.com](mailto:maiaogoti@yahoo.com)

\*\*\*\*აკადემიური დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: [nino.bzhalava@gtu.ge](mailto:nino.bzhalava@gtu.ge)

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

ელ. ფოსტა: [zhgentimaka06@gtu.ge](mailto:zhgentimaka06@gtu.ge)

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მრავალინსტრუმენტალური საფრეზი თავი მერქნული მასალების დამამუშავებელი ჩარხისთვის. კერძოდ ნაჩვენებია ტექნოლოგიური პროცესი მბრუნავი ფორმის ელემენტების დასამუშავებლად და მათი ტირაჟირებისათვის. შემოთავაზებული მრავალინსტრუმენტალური საფრეზი თავის გამოყენებით ხდება ჩარხის ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გაფართოება, დამუშავების ტირაჟირება დეტალების ერთდროულად დამუშავების გზით და დამუშავებული ზედაპირების სისუფთავის ამაღლება. მაშასადამე ჩარხის მწარმოებლობის ზრდა ხდება დამატებით დასამუშავებელი დეტალების განლაგების გზით და მათი ერთდროული დამუშავებით მრავალ ინსტრუმენტალური საფრეზი თავებით ერთი კოპირის მიმართ.

**საკვანძო სიტყვები:** სახარატო, საფრეზი, საკოპირე, ჩარხები, ოპერაცია, დეტალი, სუპორტი.

### შესავალი

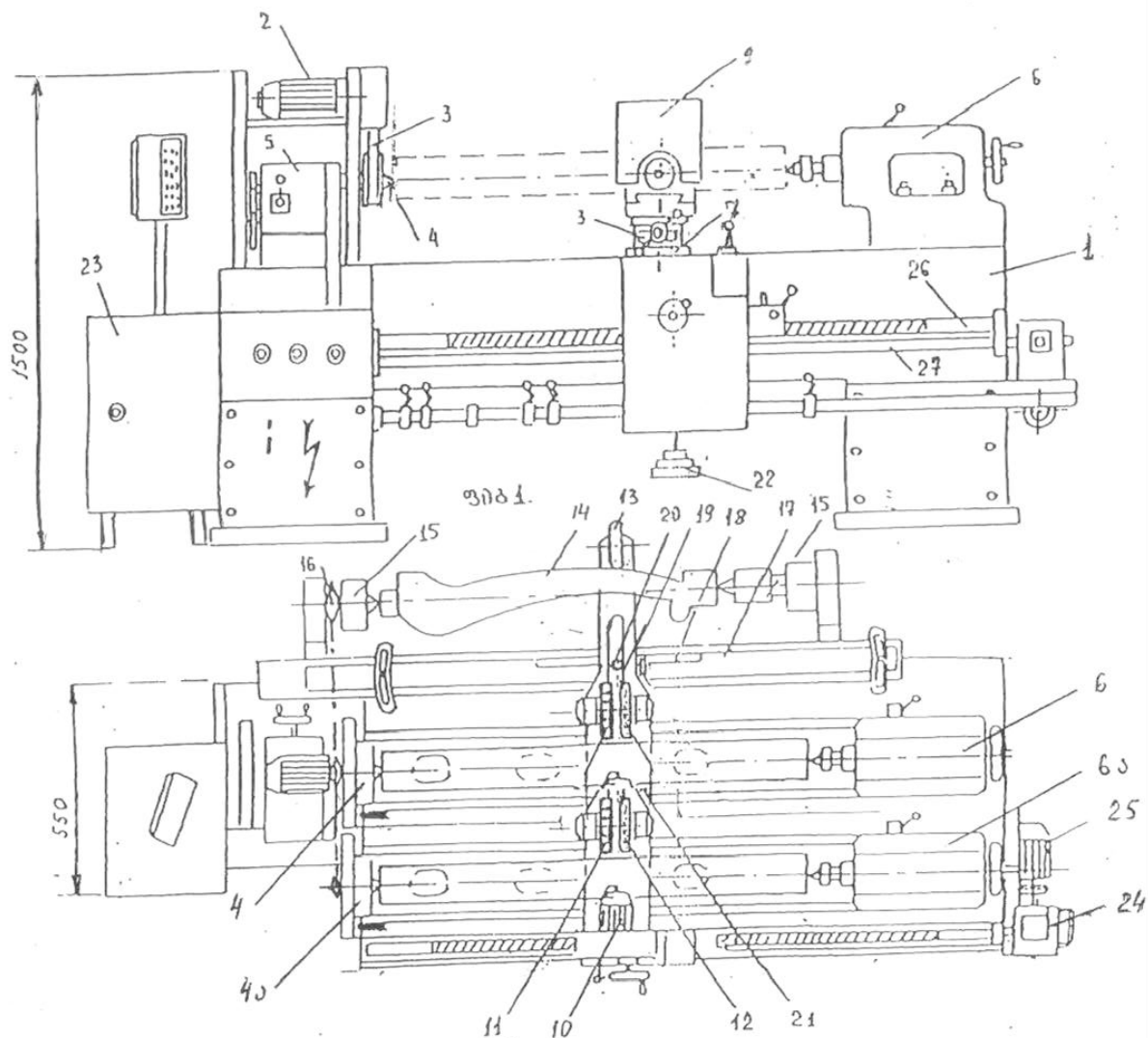
წარმოდგენილი ჩარხი განეკუთვნება მერქნული მასალების დამუშავებას და შეიძლება გამოყენებული იქნას ინტერიერების მოსაწყობად, კიბეების წარმოებაში და მხატვრული ავეჯის დამზადებაში, კერძოდ მბრუნავი ასიმეტრიული სხეულების ფორმის დეტალების მრავალინსტრუმენტალური დამუშავებისას.

წარმოდგენილი ჩარხის მიზანია ეკონომიური ეფექტურობა, რაც მოიცავს მწარმოებლობის გაზრდას, მექანიკური დამუშავების ტექნოლოგიური დროის შემცირებას და დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავის ამაღლებას.

დასახული მიზანი მიიღწევა იმით, რომ ცნობილი ჩარხის სუპორტზე დამატებით განლაგებულია მეორე დასამუშავებელი ნამზადი რომელიც მოდის მოძრაობაში პარალელურად ძირითადთან ერთად და ასევე მუშავდება პარალელურად აღჭურვილი ინსტრუმენტებით ერთი კოპირის საშუალებით.

## ძირითადი ნაწილი

ჩარხის საერთო ხედი წარმოდგენილია ფიგურა 1 და ფიგურა 2-ით, ხოლო ფიგურა 3-ზე ნაჩვენებია ჭრის პროცესები. ჩარხი შეიცავს სადგარს 1, მთავარი მოძრაობის ამძრავს 2, რომელიც სოლღვედური გადაცემით 3 და ჯაჭვური გადაცემით 16 დაკავშირებულია შპინდელებთან 4 და 4ა და კოპირთან 14. ჩარხის დგარზე 1 დაყენებულია გამყოფი თავი 5, უკანა ვეგები 6 და 6ა და განივი სუპორტი 7 აღჭურვილი სახელურით 8. სუპორტის მიმართველებში თავისუფალი გადაადგილების შესაძლებლობით განთავსებულია საფრეზ-სახეხი თავები 9, ბოლოვანა ფრეზის ამძრავით 10, დისკური ფრეზით 11 და სახეხი იარაღით 12, რომლებსაც აქვთ დამოუკიდებელი ელექტროძრავები. საფრეზ-სახეხი თავზე 9 დამაგრებულია საკოპირე გორგოლაჭი 13, რომელიც მუდმივ კონტაქტშია ბრუნავ კოპირთან 14. ეს უკანასკნელი დაყენებულია სადგარზე 1 დამაგრებულ ცენტრებში 15 და ჯაჭვური გადაცემის 16 მეშვეობით დაკავშირებულია შპინდელებთან 4. სადგარზე დაყენებულია აგრეთვე თამასა 17, რომელსაც გააჩნია დასამუშავებელი დეტალების ღერძისადმი კუთხით დაყენების და სადგარზე ფიქსირების შესაძლებლობა.



ფიგ. 1. და ფიგ. 2.

თამასაზე 17 დაყენებულია კოპირი 18, რომელთანაც მუდმივი კონტაქტშია საფრეზავი თავის კილოში 19 მოთავსებული გორგოლაჭი 20, რომელსაც გააჩნია კილოში 19

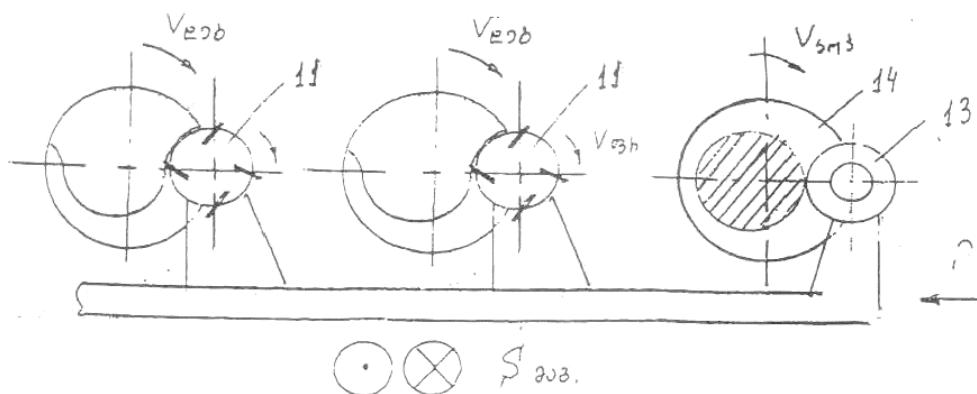
გადაადგილება და ფიქსატორის 21 მეშვეობით ფიქსაციის შესაძლებლობა. სადგარის თავთან ჩამოკიდებული ტვირთით 22. სადგარზე განლაგებულია მიწოდების კოლოფი 23, ჭიარედაქტორი 24 ელექტროძრავით 25, სავალი ხრახნი 26 და სავალი ლილვი 27, რომელთა მეშვეობით ხორციელდება სუპორტის 7 გრძივი გადაადგილება.

ჩარხის ექსპლუატაცია ხორციელდება შემდეგნაირად:

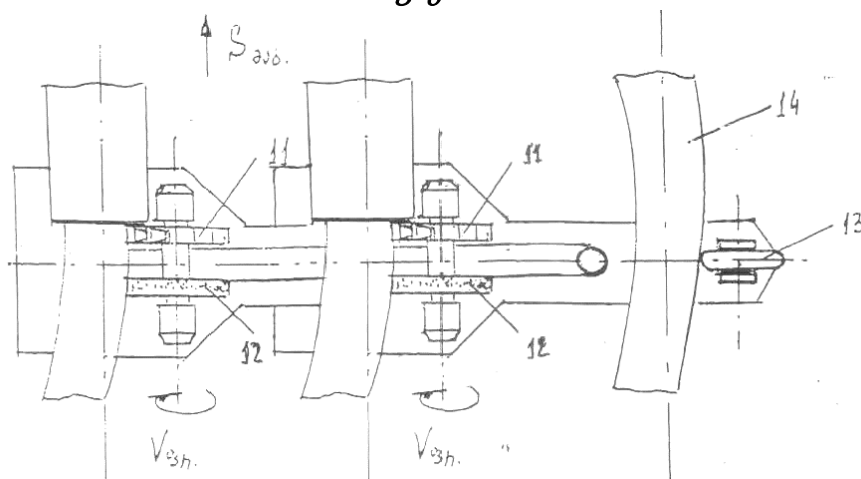
კონუსური ზედაპირების მისაღებად თამასას 17 და, შესაბამისად, მასზე დამაგრებულ კოპირს 18 აყენებენ განსაზღვრული კუთხით და ახორციელებენ სუპორტი 7 გრძივ გადაადგილებას.

ნამზადების ერთდროული დამუშავებისათვის, მაგიდების ან სკამების ფეხების დასამუშავებლად იყენებენ ორ ან მეტ ადგილიან ცენტრებს, რომლებიც განლაგებულია ერთ სუპორტზე და ერთდროულად კოპირთან ერთად მოდიან ბრუნვით მოძრაობაში ჟაჭური გადაცემის 16 საშუალებით.

მამასადამე ჩარხის სუპორტზე შესაძლებელია ერთდროულად დამუშავდეს ორი ან მეტი ნამზადი, რაც გამოიხატება ეკონომიური ეფექტიანობით, ჩარხის მწარმოებლურობის ორჯერ ან მეტჯერ ზრდაში.



ფიგ. 3.



ფიგ. 4.

## დასკვნები

1. „მრავალინსტრუმენტალური, საფრეზი თავი მერქნული მასალების დამამუშავებელი ჩარხისთვის“, განეკუთვნება ხის დამუშავებას და შეიძლება გამოყენებული იყოს მხატვრული ავეჯის ელემენტების წარმოებაში, კერძოდ მბრუნავი ფორმის ელემენტების დასამუშავებლად და მათი ტირაჟირებისათვის.

2. ჩარხის მიზანია ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გაფართოება, დამუშავების ტირაჟირება დეტალების ერთდროულად დამუშავების გზით და დამუშავებული ზედაპირების სისუფთავის ამაღლება.
3. ტექნიკური მიზანი მიიღწევა ჩარხის სუპორტზე დასამუშავებელი დეტალების ორი ან მეტი განლაგებას და მათი ერთდროულად დამუშავება კოპირის მიმართ.
4. ჩარხის გამოყენება გვაძლევს მწარმოებლურობის ზრდას, დეტალის დამუშავებული ზედაპირების სისუფთავის ამაღლებას და პერსპექტივაში სუპორტზე დამატებითი დასამუშავებელი დეტალების განლაგების გზით ჩარხის მწარმოებლურობის ზრდას 2-ჯერ; 3-ჯერ; 4-ჯერ და ასე შემდეგ.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. ზ. ჩიტიძე, ი. გელაშვილი „ხის დასამუშავებელი ჩარხი“ პატენტი GEP20043380B; გამოგონებაზე გაცემის თარიღი 25 ნოემბერი 2004 წ.;
2. ზ. ჩიტიძე, ი. გელაშვილი და სხვა „ხის დასამუშავებელი ჩარხი“ პატენტი P20247711B; გამოგონებაზე გაცემის თარიღი 12 დეკემბერი 2004 წ.;
3. ზ. ჩიტიძე, ი. გელაშვილი, ე. სარიშვილი და სხვა „როტაციული ფრეზის პროცესის ეკონომიკური სარგებლის განსაზღვრა“ ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(59) 2024 თბილისი 2024 წ.

**многоинструментальная фрезерная головка для деревообрабатывающего станка**

**Заур Читидзе, Игорь Гелашвили, Маиа Гогтишвили,**

**Нино Бжалава, Мака Жгенти**

**Резюме**

В статье рассмотрена многоинструментальная фрезерная головка для деревообрабатывающего станка. В частности показан технологический процесс обработки элементов тел вращения и их тиражирование. С Использованием представленной многоинструментальной фрезерной головки происходит расширение технологических возможностей станка, тиражирование деталей путём одновременной обработки деталей и повышение чистоты обработанных поверхностей. Таким образом повышение производительности станка происходит путём дополнительного расположения обрабатываемых деталей и их одновременной обработки многоинструментальными фрезерными головками относительно одного копира.

**Multi-Instrumental Milling Head for Woodworking Machines**

**Zaur Chitiidze, Igor Gelashvili, Maia Gogotishvili, Nino Bzhalava, Maka Zhgenti**

**Abstract**

The article discusses a multi-instrumental milling head for woodworking machines. Specifically, it demonstrates the technological process for machining and replicating rotary-shaped elements. The use of the proposed multi-instrumental milling head expands the technological capabilities of the machine, replicates machining by processing multiple details simultaneously, and improves the surface finish of the machined parts. Consequently, the machine's productivity is increased by arranging additional details to be machined and processing them simultaneously with multi-instrumental milling heads, all relative to a single copy.

# მდგრადი განვითარებისა და კლიმატის ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის ჩამოყალიბების ისტორიული გზა ნინო ბჟალავა\*, მაია გოგოტიშვილი\*\*

*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: bzhalava22@gmail.com;*

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

*ელ. ფოსტა: maiaogoti@yahoo.com*

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

**რეზიუმე:** წინამდებარე სტატია მიმოიხილავს კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის კონცეფციის ჩამოყალიბებას, მდგრადი განვითარების ისტორიულ საფუძვლებს და მათ მნიშვნელობას თანამედროვე მსოფლიოში. სტატიაში განხილულია კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის სამი ძირითადი საყრდენი: კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია, კლიმატის ცვლილების შერბილება და სოციალური თავსებადობა. ნაშრომი ასევე აღწერს მდგრადი განვითარების კონცეფციის ისტორიულ ევოლუციას, დაწყებული XVIII საუკუნიდან, "საერთო რესურსების ტრაგედიის" კონცეფციას და სტოკჰოლმის კონფერენციის როლს მდგრადი განვითარების პოლიტიკის ფორმირებაში.

**საკვანძო სიტყვები:** კლიმატ-ჭკვიანი, მდგრადი, ცვლილება, ტყე, განვითარება.

## შესავალი

კლიმატის ცვლილება წარმოადგენს 21-ე საუკუნის ერთ-ერთ უდიდეს გამოწვევას, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დედამიწის ეკოსისტემებზე, მათ შორის ტყეებზე. ამ გამოწვევასთან გასამკლავებლად მსოფლიო ნელ-ნელა ცდილობს ახალი მიდგომების და კონცეფციების დანერგვას, რომელთაგან ერთ-ერთია კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობა (Climate-Smart Forestry, CSF). ეს ახალი მიდგომა წარმოადგენს მდგრადი განვითარების პრინციპების ევოლუციურ გაგრძელებას, რომელიც ისტორიულად ვითარდებოდა საზოგადოების, მთავრობის და ბიზნეს სექტორის ცნობიერების ცვლილებასთან ერთად. კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის კონცეფცია მიზნად ისახავს არა მხოლოდ ტყეების შენარჩუნებას და მათი რესურსების გონივრულ გამოყენებას, არამედ მათი როლის გაძლიერებას კლიმატის ცვლილების შერბილებაში და ადაპტაციის პროცესში.

## ძირითადი ნაწილი

### კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის კონცეფცია

კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობა (CSF) არის მიდგომა, რომელიც ევროკავშირის COST ქმედების CA15226 ფარგლებში შემუშავდა პროექტ CLIMO-ს მიერ (კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობა მთიან რეგიონებში). ეს კონცეფცია ეფუძნება სამ ძირითად საყრდენს:

1. კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია - ტყეების მართვა იმგვარად, რომ მათ შეძლონ ცვალებად კლიმატურ პირობებთან შეგუება.
2. კლიმატის ცვლილების შერბილება - ტყეების გამოყენება ნახშირბადის შთანთქმის და შენახვის მიზნით, რათა შემცირდეს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაცია.
3. სოციალური თავსებადობა - ტყეების მართვა საზოგადოების ინტერესების გათვალისწინებით, რათა მოსახლეობამ მიიღოს სარგებელი.

CSF-ის მთავარი განმასხვავებელი ნიშანი ტრადიციული სატყეო მეურნეობისგან არის ის, რომ იგი პრიორიტეტად აყენებს კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ საკითხებს, რაც აუცილებელია ეკოსისტემების სტაბილურობისა და მათი სერვისების უწყვეტი მიწოდების უზრუნველსაყოფად.

### მდგრადი განვითარების ისტორიული საფუძვლები

მდგრადი განვითარების კონცეფციას ღრმა ისტორიული ფესვები აქვს. ტერმინოლოგიური თვალსაზრისით, პირველი ნაბიჯი გადაიდგა 1713 წელს, როდესაც გერმანულ სატყეო ცნობარში პირველად გამოჩნდა ტერმინი "Nachhaltigkeit" (შენარჩუნებული მოსავალი). ეს კონცეფცია გულისხმობდა მხოლოდ იმ რაოდენობის ხეების მოჭრას, რაც არ დააზიანებდა ტყის ეკოსისტემას და უზრუნველყოფდა მის რეგენერაციას.

XIX და XX საუკუნეების მანძილზე, ინდუსტრიალიზაციის და ეკონომიკური ზრდის პარალელურად, საზოგადოება ნელ-ნელა აცნობიერებდა ბუნებრივი რესურსების ზედმეტად გამოყენების პრობლემას. 1968 წელს ამერიკელმა ეკოლოგმა და ფილოსოფოსმა გარეტ ჰარდინმა თავის ესეში "საერთო რესურსების ტრაგედია" ყურადღება გაამახვილა ადამიანთა ქმედებების საფრთხეზე საერთო რესურსების ამოწურვის კუთხით.

### რომის კლუბის კვლევა და "ზრდის შეზღუდვები"

1972 წელს რომის კლუბის მხარდაჭერით შეიქმნა კომპიუტერული სიმულაცია, რომელმაც შეისწავლა ურთიერთკავშირი მსოფლიო მოსახლეობის ზრდას, ინდუსტრიალიზაციას, დაბინძურებას, საკვების წარმოებას და ბუნებრივი რესურსების მოხმარებას შორის. ამ კვლევის შედეგად გამოქვეყნდა ანგარიში "ზრდის შეზღუდვები", რომელმაც აჩვენა, რომ თუ ადამიანები გააგრძელებენ ბუნებრივი რესურსების ჭარბ მოხმარებას, ეს საბოლოოდ გამოიწვევს დედამიწის ეკონომიკისა და ეკოსისტემების კოლაფსს.

ეს სიმულაცია დღესაც რჩება მნიშვნელოვან ინსტრუმენტად, რომლის საფუძველზეც მსოფლიოს ქვეყნები ცდილობენ საკუთარი განვითარების მოდელების გადახედვას და გარემოსდაცვითი მდგრადობის გაზრდას.

### სტოკჰოლმის კონფერენცია და საერთაშორისო თანამშრომლობის დასაწყისი

1972 წლის სტოკჰოლმის კონფერენცია წარმოადგენდა გარდამტეხ მომენტს გლობალურ გარემოსდაცვით პოლიტიკაში. ეს იყო პირველი ფართომასშტაბიანი საერთაშორისო შეხვედრა, სადაც მსოფლიო ლიდერებმა აღიარეს კლიმატის ცვლილების და გარემოსდაცვითი პრობლემების გლობალური მნიშვნელობა.

კონფერენციამ საფუძველი ჩაუყარა მრავალმხრივ გარემოსდაცვით პოლიტიკას და მდგრადი განვითარების კონცეფციას, რომელსაც დღეს მრავალი ქვეყანა მისდევს. სტოკჰოლმის კონფერენციაზე შემუშავებული პრინციპები და რეკომენდაციები გახდა

ფუნდამენტი შემდგომი საერთაშორისო ძალისხმევების გარემოს დაცვისა და მდგრადი განვითარების მიმართულებით.

### ტერმინოლოგიური ევოლუცია და თანამედროვე გამოწვევები

როგორც ყველა სპეციალიზირებულ დისციპლინაში, სატყეო მეურნეობაშიც მნიშვნელოვანია ტერმინოლოგიური სიზუსტე. ტერმინები, როგორიცაა "ეკოსისტემური სერვისები", "ბუნებრივი კაპიტალი" და "ბუნებაზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებები" გამოიყენება სატყეო მენეჯმენტის აღსაწერად.

"ტყის მდგრადი მართვა" (SFM) არის ტერმინი, რომელიც გულისხმობს ყველა სახის ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი ღირებულებების შენარჩუნებას და გაუმჯობესებას ტყეების, დღევანდელი და მომავალი თაობების საკეთილდღეოდ. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ SFM-ის ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევა არის მრავალი, ხშირად ურთიერთსაწინააღმდეგო მიზნის ერთდროულად მიღწევა.

კლიმატის ცვლილების კონტექსტში, კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობა წარმოადგენს სპეციფიკურ მიდგომას, რომელიც აქცენტს აკეთებს ტყეების ადაპტაციაზე კლიმატის ცვლილებასთან და მათ გამოყენებაზე კლიმატის ცვლილების შერბილების მიზნით.

### დასკვნა

მდგრადი განვითარების და კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობის კონცეფციები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ინსტრუმენტებს კლიმატის ცვლილების გამოწვევებთან გასამკლავებლად. ისტორიული პერსპექტივა გვიჩვენებს, რომ ეს კონცეფციები ევოლუციონირებდნენ დროთა განმავლობაში, საზოგადოების, მეცნიერების და პოლიტიკური ელიტის ცნობიერების ცვლილებასთან ერთად.

XVIII საუკუნიდან დაწყებული "შენარჩუნებული მოსავლის" კონცეფციით და დღევანდელი კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობით დამთავრებული, ჩვენ ვხედავთ ადამიანის დამოკიდებულების ტრანსფორმაციას ბუნებრივი რესურსებისადმი. რომის კლუბის კვლევა, "საერთო რესურსების ტრაგედიის" კონცეფცია და სტოკჰოლმის კონფერენცია წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ეტაპებს ამ ევოლუციურ პროცესში.

დღეისათვის, კლიმატ-ჭკვიანი სატყეო მეურნეობა გვთავაზობს პოლისტიკურ მიდგომას, რომელიც ერთდროულად პასუხობს კლიმატის ცვლილების ადაპტაციის, მისი შერბილების და სოციალური თავსებადობის გამოწვევებს. ეს მიდგომა აღიარებს, რომ ტყეები წარმოადგენენ არა მხოლოდ ეკონომიკურ რესურსს, არამედ კრიტიკულად მნიშვნელოვან ეკოსისტემას, რომელიც აუცილებელია როგორც დღევანდელი, ისე მომავალი თაობებისთვის.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. მ. ბლიამე, მდგრადი განვითარების მიზნები, თბილისი, 2022 წ., გვ. 164.;
2. Roberto Tognetti , Climate-Smart Forestry in Mountain Regions, Melanie Smith, Pietro Panzacchi, 2022, pg. 574.

## **The historical path of forming sustainable development and climate-smart forestry**

**Nino Bzhalava, Maia Gogotishvili**

### **Abstract**

This article reviews the development of the Climate-Smart Forestry concept, the historical foundations of sustainable development, and their significance in the modern world. The paper discusses the three main pillars of Climate-Smart Forestry: adaptation to climate change, climate change mitigation, and social compatibility. The work also describes the historical evolution of the sustainable development concept, starting from the 18th century, the concept of "tragedy of the commons," and the role of the Stockholm Conference in shaping sustainable development policies. The article traces how forestry management approaches have evolved from the early German concept of "Nachhaltigkeit" (sustained yield) in 1713 to today's comprehensive Climate-Smart Forestry framework developed under the European Union's COST Action CA15226 (CLIMO). It highlights key historical milestones including Garrett Hardin's 1968 essay on "The Tragedy of the Commons," the Club of Rome's computer simulation and subsequent report "The Limits to Growth" (1972), and the groundbreaking 1972 Stockholm Conference where world leaders first acknowledged the global significance of climate change and environmental issues. The paper concludes that Climate-Smart Forestry offers a holistic approach that simultaneously addresses the challenges of climate change adaptation, mitigation, and social compatibility, recognizing forests not merely as economic resources but as critically important ecosystems essential for both present and future generations.

## **Исторический путь формирования устойчивого развития и климатически ориентированного лесного хозяйства**

**Нино Бжалава, Майя Гоготшвили**

### **Резюме**

В настоящей статье рассматривается формирование концепции климатически ориентированного лесного хозяйства, исторические основы устойчивого развития и их значение в современном мире. В статье обсуждаются три основных столпа климатически ориентированного лесного хозяйства: адаптация к изменению климата, смягчение последствий изменения климата и социальная совместимость. Работа также описывает историческую эволюцию концепции устойчивого развития, начиная с XVIII века, концепцию "трагедии общих ресурсов" и роль Стокгольмской конференции в формировании политики устойчивого развития.

## ინდუსტრიული დიზაინი, მისი ადგილი და როლი თანამედროვე საზოგადოებაში

მზია მილაშვილი\*, ვალერი მჭედლიშვილი\*\*

*\*პროფესორი, სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი,*

*ელ. ფოსტა: [m.milashvili@gtu.ge](mailto:m.milashvili@gtu.ge)*

*\*\*ასოცირებული პროფესორი, არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტი,*

*ელ. ფოსტა: [v.mchedlishvili@gtu.ge](mailto:v.mchedlishvili@gtu.ge)*

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ინდუსტრიული დიზაინის, ფუნქციონალური და ესთეტიკური პროდუქციის მწარმოებელი დარგის ადგილი, როლი და მიზანი - ესთეტიკური საგნობრივი სამყაროს შექმნა და ეკონომიკურ-სამომხმარებლო კონტექსტში ინტეგრაცია. ნაკეთობის სტრუქტურულ აგებულებასა და ესთეტიკას შორის ბალანსის პოვნას ინდუსტრიული დიზაინი უზრუნველყოფს, მისი შედეგი უახლეს ინდუსტრიულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული და შემოქმედისა და ინჟინერის ჩანაფიქრის მატერიალიზებაა. ეს დარგი ადამიანის ყოფის ყველა სფეროს ეხება, რაც სპეციალისტებზე გაზრდილ მოთხოვნას განაპირობებს. ამას ადასტურებს საგანმანათლებლო პროგრამების გაჩენა უცხოეთში არა მხოლოდ დიზაინერულ და არქიტექტურულ, არამედ საინჟინრო მიმართულების უმაღლეს სკოლებშიც. საქართველოში ჯერ გზის დასაწყისში ვართ. თანამედროვე ქართულ ბიზნესში ნაკლებადაა წარმოდგენა იმ ეფექტებზე, რომელთა მოხდენაც დიზაინითაა შესაძლებელი. მიგვაჩნია, რომ დარგის პოპულარიზაციის მნიშვნელოვან ამოცანას საზოგადოების სათანადო ინფორმირება წარმოადგენს.

**საკვანძო სიტყვები:** ინდუსტრიული დიზაინი, დარგი, პროექტი, იდეა, გეგმა, სქემა, ტექნოლოგია, ნაკეთობა.

### შესავალი

სიტყვა "დიზაინი" ტრადიციულად ლამაზისა და არასტანდარტულის (დიზაინერის ნივთები, დიზაინერის ინტერიერი და ა.შ.) აღსანიშნად გამოიყენება. თუმცა, თანამედროვე ლექსიკაში მისი შინაარსი მნიშვნელოვნადაა შეცვლილი.

ინგლისური სიტყვა „design“ ვებესტერის ინგლისურენოვან ლექსიკონში ორგვარად განიმარტება, ზმნა - „მოქმედება“ და არსებითი სახელი - „პროექტი“. პირველ შემთხვევაში სიტყვა პროცესს - შექმნას, დაგეგმვას და განსაზღვრული მიზნით მოქმედებას გულისხმობს. მეორე მნიშვნელობით იგი პროექტს, გეგმას, სქემას, ჩანახატს, ნახაზს გამოხატავს. შესაბამისად, სიტყვა „დიზაინი“ არაერთგვაროვანია და ის გამოიყენება როგორც შემოქმედებითი პროცესის ან/და ამ პროცესით მიღებული შედეგის ამსახელი ცნება.

საგულისხმოა, რომ რეფორმატორების დროინდელ ინგლისურენოვან ბიბლიაში ფრაზა: - „თავდაპირველად ღმერთმა შექმნა ცა და მიწა“. „შექმნის“, როგორც პროცესის აღმნიშვნელი, გამოყენებულია სიტყვა „design“. ანუ, ნაგულისხმებია, რომ სამყაროს შემოქმედმა დედამიწაზე მატერიალური და სულიერი სამყარო „დააპროექტა“.

გუგლის სამიზნე სისტემაში ინგლისურ ენაზე სიტყვა „design“ შეყვანისას, გამოსახულების რეჟიმში ინდუსტრიული და გრაფიკული დიზაინის მაგალითებია მოცემული. ხოლო რუსულ და ქართულ ენაზე ძიებისას კი ძირითადად ინტერიერის გადაწყვეტების გამოსახულებებია. ეს მარტივი ტესტი აჩვენებს, რომ ჩვენთან ამ სიტყვის განმარტება ჯერ კიდევ არაა სრულფასოვნად გაგებული.

რაც შეეხება ტერმინის - „ინდუსტრიული დიზაინი“ შინაარსს, იგი ახალ, ფუნქციონალურ პროდუქციის შექმნას გულისხმობს. იგულისხმება მომავალი ნაკეთობის არა მხოლოდ გარეგნული იერ-სახეზე მუშაობა, არამედ ესაა პროცესი, რომელიც ნაკეთობის ეკონომიკურ-სამომხმარებლო კონტექსტში სამომავლო ინტეგრაციისაკენაა მიმართული.

ინდუსტრიული დიზაინი ადამიანის ცხოვრების ყველა სფეროს და ირგვლივ არსებულ საგნობრივ სამყაროს ეხება. ჩვენ გარშემო ათასობით საგნობრივი ობიექტია, რომელიც გავლენას ახდენს ადამიანის განწყობაზე და განსაზღვრავს მის შინაგან მდგომარეობას.

ინდუსტრიული დიზაინი ყველა სახის პროდუქციის წარმოების სფეროს მოიცავს. მათ შორის ავტომობილების, მანქანა-დანადგარების, საყოფაცხოვრებო ტექნიკის, ავეჯისა და აპარატურის, ტანსაცმელის, ფეხსაცმელის, სამედიცინო აღჭურვილობის, ელექტრონიკის, სხვადასხვა აქსესუარების, სათამაშოების და სხვა.

ინდუსტრიული დიზაინის მთავარი მიზანია ნებისმიერი ნაკეთობის მიმართ სამიზნე აუდიტორიის საჭიროების, მოხმარების სიხშირის, გამოყენების ფარგლებისა და მომხმარებლის მოთხოვნებისა და მოლოდინების გათვალისწინება. დიზაინერების ყურადღების ქვეშაა უმცირესი დეტალები, ყველაფერი, დაწყებული პროდუქტის ფუნქციიდან - დამზადების ტექნოლოგიით დამთავრებული.

ამრიგად, ინდუსტრიული დიზაინი, თანამედროვე სამყაროს გამოწვევების შესაბამისად, ახალი პროდუქციის შექმნისაკენ მიმართული მოღვაწეობაა, რომლის მთავარ მიზანს ფუნქციურად დატექნოლოგიურად გამართული ესთეტიკური საგნობრივი გარემოს შექმნა წარმოადგენს. შესაბამისად, ამ დარგს სხვა დარგებისაგან სამრეწველო ნაკეთობის დანიშნულების, კონსტრუქციების, სტრუქტურული აგებულებისა და ესთეტიკას შორის ბალანსის პოვნის შესაძლებლობა განასხვავებს.

ამრიგად, ინდუსტრიული დიზაინი - თანამედროვე, პროგრესულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული შემოქმედისა და ინჟინრის ჩანაფიქრის მატერიალიზება.

ინდუსტრიული დიზაინია ის სფერო, რომელიც კომპანიების კონკურენტუნარიანობის გაზრდის საფუძველს წარმოადგენს. კითხვაზე: რისთვისაა აუცილებელი ინდუსტრიული დიზაინი? პასუხი ასეთია: წარმოებული პროდუქციის გლობალური კონკურენტუნარიანობის ამაღლებისათვის. მომხმარებელს უნდა შეეძლოს შეადაროს სხვადასხვა პროდუქცია და მათ შორის აირჩიოს ინოვაციურობით, კომფორტულობით, ესთეტიკურობით, გამართულობით, დროის მოთხოვნებთან შესაბამისობით, ეკოლოგიური სისუფთავითა და სხვა მახასიათებლებით გამოირჩეული ნაკეთობა.

თანამედროვე საზოგადოებაში ინდუსტრიული დიზაინი სულ უფრო მეტ პოპულარობას იძენს, შესაბამისად იზრდება მოთხოვნა ამ სფეროში მომუშავე სპეციალისტების მომზადების მიმართ. ინდუსტრიული დიზაინის დარგობრივი საგანმანათლებლო პროგრამები ჩნდება არა მხოლოდ სახელოვნებო-დიზაინერულ და არქიტექტურულ უნივერსიტეტებში, არამედ ტექნიკური და საინჟინრო მიმართულების უმაღლეს სკოლებშიც. (მაგ. მილანის პოლიტექნიკური ინსტიტუტი (POLIMI), სადაც მზადდებიან

სპეციალისტები პროგრამებით - „ინჟინერინგი და დიზაინი“, „თანამედროვე სისტემების დიზაინი“, „ციფრული და ინტერაქტიული დიზაინი“ და სხვა.)

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია, რომ ჩვენი ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების გზაზე ინდუსტრიული დიზაინის სფეროს ხელშეწყობა აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

### ძირითადი ნაწილი

ინდუსტრიული/სამრეწველო დიზაინის ოფიციალური ისტორია 1959 წელს იწყება, როცა ტერმინი „ინდუსტრიული დიზაინი“ ინდუსტრიული დიზაინის სფეროში მოღვაწე კომპანიების საერთაშორისო ასოციაციამ დაამტკიცა.

ინდუსტრიული ესთეტიკის მოღვაწე, ფრანგმა დიზაინერმა ჟაკ ვენომ, რომელმაც 1951 წელს ინდუსტრიული ესთეტიკის ინსტიტუტი (IEI) (შემდგომში ფრანგული დიზაინის ინსტიტუტი (IFD) დაარსა, 1953 წელს Institut d'Esthetique Industrielle-ის საერთაშორისო კონგრესზე პირველმა გააჟღერა იდეა იმ საზოგადოების შექმნისა, რომელიც ინდუსტრიულ დიზაინერების ინტერესებს საერთაშორისო დონეზე დაიცავდა. 1957 წელის 29 ივნისს, ლონდონში არსებული ინდუსტრიული დიზაინერების ჯგუფის ორგანიზაციების საფუძველზე დაარსდა „ინდუსტრიულ დიზაინერების საზოგადოებების საერთაშორისო საბჭო“ (International Council of Societies of Industrial Designers). შემდგომ ორგანიზაციამ საკუთარი შტაბ-ბინა პარიზში განათავსა. სახელწოდება Icsid თავისთავში მოიაზრებს პრაქტიკოსი დიზაინერების ინტერესების დაცვასა და დიზაინის საერთაშორისო სტანდარტების უზრუნველყოფას.

Icsid-ის პირველდაწყებითი მიზანი ინდუსტრიული დიზაინის სფეროში მოღვაწე დიზაინერების საზოგადოებისათვის გაცნობა იყო. გარდა ამისა, მისი მიზანია, საგანმანათლებლო და სასწავლო სტანდარტების დადგენის საშუალებით, დიზაინის სტანდარტების ამაღლება და დიზაინერების ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეწყობა. ამ მიზნით Icsid-მა 1959 წელს, შვეციის ქალაქ სტოკჰოლმში პირველი კონგრესი და გენერალური ასამბლეა გამართა. აქ ოფიციალურად მიიღეს Icsid-ის კონსტიტუცია. კონგრესის მსვლელობისას დამტკიცდა ოფიციალური სახელწოდებაც- Icsid (International Council of Societies of Industrial Designers) „ინდუსტრიული დიზაინერების საზოგადოებების საერთაშორისო საბჭო“.

1963 წელს Icsid-მა იუნესკოს განსაკუთრებული სტატუსი მიიღო, რომელთანაც ის მრავალ პროექტზე აგრძელებს მუშაობას. Icsid-ის მზარდი ჰუმანიტარული იდეებიდან გამომდინარე, მიღებული იქნა ახალი ტიპის კონფერენციის შექმნის გადაწყვეტილება, რომელიც, რეგიონალური და საერთაშორისო მნიშვნელობის საკითხების შესწავლის მიზნით შეკრებდა დიზაინერებს.

კონფერენცია 1971 წელს ქ.მინსკში გაიმართა და Icsid პირველ სემინარად იქცა. სემინარებმა გაამყარეს Icsid-ის საერთაშორისო თანამშრომლობის პოზიციები. 2017 წელის იანვარში ICSID ოფიციალურად დიზაინის საერთაშორისო ორგანიზაცია (World Design Organization. WDO) გახდა. დიზაინის საერთაშორისო ორგანიზაცია (WDO) ამჟამად წარმოადგენს დიზაინერების საერთაშორისო საზოგადოებას, რომელიც 40 ქვეყნის 170 ორგანიზაციასა და ინდუსტრიის სფეროში მოღვაწე 150 000 მდე დიზაინერს აერთიანებს.

რაც შეეხება საბჭოთა და პოსტსაბჭოთა ქვეყნებს მათ შორის საქართველოს, აქ ინდუსტრიული დიზაინის სფერო არ ყოფილა სათანადო დონეზე განვითარებული და

ტექნოლოგიურობის, პრაქტიკულობისა და ფუნქციონალურობის თვალსაზრისით ვერ პასუხობდა დროს მოთხოვნებს.

ინდუსტრიულ დიზაინი სხვადასხვა მიმართულების მქონე მრავალდარგობრივი სფეროა, რომელსაც საზოგადოებაზე უდიდესი გავლენა აქვს. წამყვან ინდუსტრიულ ქვეყნებში დიზაინის ამ სფეროს შესახებ მომხმარებელებისათვის ინფორმაციის მიწოდებისა და მისი ამოცანების გაგების, წარმოებასა და დიზაინერებს შორის კავშირების დამყარების მიზნით, ხშირად იმართება სხვადასხვა მასშტაბის ბიენალები და გამოფენები. ფართოდაა ცნობილი მილანის საერთაშორიო ბიენალე და მილანის დიზაინის კვირეული. სადაც, წარმოდგენილია ინდუსტრიული დიზაინის ახალი მიღწევები და ინოვაციური მიგნებები. ინდუსტრიული დიზაინის სფეროში სხვადასხვა მასშტაბის გამოფენები, კონფერენციები, კონკურსები და პრეზენტაციები - ეს ის სტანდარტია, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს იმ პრობლემათა სპექტრის ფორმირებაში, რომლის გადაწყვეტაც ინდუსტრიული დიზაინის მიზანს წარმოადგენს და დარგის სპეციალისტებზე მოთხოვნის ზრდას უწყობს ხელს. მსგავსი ღონისძიებების დროს ტარდება მასტერკლასები, იმართება დისკუსიები და ვორქ-შოფები.

თანამედროვე საზოგადოებაში ამ სფეროს ძირითად გამოწვევად მაინც რჩება ტერმინის „ინდუსტრიული დიზაინი“ შინაარსის სრულად გაგება და მისი მნიშვნელობის ბოლომდე გააზრება. მეწარმეთა უმეტესობა, კონკურენციის გამოწვევებიდან გამომდინარე, წარმოებაში მრავალ მილიონიან ინვესტირებას ახდენს, ამავე დროს ისინი უგულებელყოფენ პროდუქტის ესთეტიკასა და სათანადოდ ვერ აფასებენ ამ დარგის როლს ნებისმიერი პროდუქციის რეალიზების საქმეში. მეწარმეთათვის გასათვალისწინებელ გარემოებას წარმოადგენს ის რომ, როცა მომხმარებელი შესაძენ პროდუქციას არჩევს, უპირველესად იგი პროდუქციას მისი ვიზუალისა და სამომხმარებლო მახასიათებლის მიხედვით აფასებს. კლიენტს ნაკლებად აინტერესებს რა რესურსია დახარჯული ნაკეთობის საინჟინრო კომპონენტის შექმნაზე. მომხმარებელს ან მოსწონს ან არ მოსწონს ნაკეთობა. ეს რეალობა კი ჯერ-ჯერობით ცოტა მეწარმეს ესმის. პროდუქტის პოპულარიზაციაში ვიზუალის არსებითი როლის სათანადოდ ვერ შეფასება ერთ-ერთი კრიტიკული შეცდომა, რაც ბაზარზე პროდუქციის სრული ჩავარდნის ანდა ნაკლები პოპულარობის ერთ-ერთ წინაპირობას წარმოადგენს.

თანამედროვე სამომხმარებლო ბაზარი მწარმოებლებს მკაცრ კონკურენტულ პირობებს კარნახობს და აიძულებს გააუმჯობესონ საბოლოო პროდუქტის არა მხოლოდ ტექნიკური და ტექნოლოგიური, არამედ ესთეტიკური კომპონენტიც. ბევრი კომპანია ამ პრობლემების გადაჭრას სხვა მიმართულებებით ინვესტირების გაზრდით ცდილობს და მხედველობიდან კარგავს მომავალი პროდუქციის ვიზუალური აღქმის საკითხებს.

ინდუსტრიული დიზაინი ნებისმიერი დანიშნულების პროდუქციის კვლევისა და განვითარების ინტერდისციპლინარული სფეროა, რომელიც ნაკეთობის სამომხმარებლო თვისებების, კონკურენტუნარიანობის, ბიზნეს მიზნების, ტექნოლოგიური და საინვესტიციო შესაძლებლობების გათვალისწინებით, ახალი პროდუქციის დანიშნულების შესაბამის სტრუქტურასა და ესთეტიკურ იერ-სახეს განსაზღვრავს. ამ დარგის სპეციალისტისთვის მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა და გააზრება თუ რას გრძნობს მომხმარებელი პროდუქციის აღქმისას, რა ემოციებსა და შეგრძნებებს განიცდის. სწორედ ამით განსხვავდება ინდუსტრიის დიზაინერის პროფესია, კონსტრუქტორისა და ინჟინრის პროფესიებისაგან და მათ მიერ შექმნილი პროდუქციები ერთმანეთისაგან. დიზაინერი

ერთდროულად ფიქრობს პროდუქციის სამომხმარებლო თვისებებზე, მუშაობის იმაზე თუ რამდენად მოსახერხებელი, ტექნოლოგიურია ნაკეთობის წარმოება, ექსპლუატაცია და ყოველივე ამის გათვალისწინებით იაზრებს პროდუქციის საბოლოო იერ-სახეს.

როგორ იქმნება მომხმარებელზე ორიენტუირებული კომფორტული, ელეგანტური, თანამედროვე პროდუქცია? ასეთი მახასიათებლების მქონე პროდუქციის შექმნის ნებისმიერი ამბიციური პროექტის დაწყების ამოცანას საკუთარ თავზე პირველ რიგში ინდუსტრიული დიზაინერი იღებს. მას მოეთხოვება სრულად ჩაუღრმავდეს პრობლემას, რისთვისაც აუცილებელი ხდება მისი კომუნიკაცია ტექნოლოგებთან, მარკეტოლოგებთან და ზოგჯერ პოტენციურ მომხმარებელთანაც.

დიზაინერი, პირველ რიგში, შეისწავლის მომავალი ნაკეთობის ანალოგებს, ერკვევა როგორ გამოიყენება და რა პრობლემებს აწყდებიან მისი მოხმარებისას, რას ექცევა მეტი ყურადღება და რა ახალი ოფციების მიღება ან რომელის შეცვლაა მიზანშეწონილი. შემდგომ, ღრმა კვლევის, ტექნიკური და საინჟინერიო შესაძლებლობების გათვალისწინების საფუძველზე, ყალიბდება მომავალი პროდუქციის საბოლოო იერ-სახე.

ინდუსტრიულ დიზაინში ჩამოყალიბულია სტაბილური ტრადია: მომხმარებელი, მეწარმე და ტექნოლოგია. პირველ შემთხვევაში - ეს არის მყიდველი, კლიენტი რომლისკენაც მიმართულია პროდუქტი/ნაკეთობა, მეორე - ბიზნეს ამოცანები, ხოლო მესამე - ნივთის შექმნის პროცესი. ეს პროცესი ნაკეთობის საჭიროების კვლევიდან დაწყებული, მის 3D მოდელის შექმნით დამთავრებული, ყველა ეტაპს მოიცავს. ინდუსტრიული დიზაინი ითვალისწინებს ყველა ამ ასპექტს და ბიზნესს ეხმარება ყოველმხრივ გაიაზროს, გაიგოს, შეისწავლოს და ჩამოაყალიბოს თავისი მომავალი პროდუქტი.

დიზაინერის მიერ პროდუქციის საბოლოო სახის ფორმირება და გადასაწყვეტ ამოცანათა მრავალგვარობა სხვადასხვა სპეციალისტებთან ურთიერთთანამშრომლობას საჭიროებს. მათ შორის, პროექტის მენეჯერთან, რომელიც შეისწავლის კონკრეტული პროდუქციის სამომხმარებლო ბაზრის საჭიროებებსა და განვითარების დინამიკას. მის მიერ მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე, ინჟინრებისა და დიზაინერებისთვის დგინდება მომავალი პროდუქციის ტექნიკურ მახასიათებლების ერთობლივობა. ინჟინერ-კონსტრუქტორთან, რომელიც ანგარიშობს პროდუქციის კომპონენტურ ბაზას - მასალებს, სტრუქტურულ აგებულებას, ელემენტებს, კვანძებსა და პროდუქციის ფუნქციურობას. ის ასევე განსაზღვრავს ამა თუ იმ დეტალის გადაწყვეტისა და გამოყენების შესაძლებლობას ვინაიდან, საინჟინრო გააზრების გარეშე შეუძლებელია ისეთი პროდუქტის შექმნა, რომელიც ბაზარზე დაიმკვიდრებს ადგილსა და ხანგრძლივად მოქმედ ახალ ინდუსტრიულ სტანდარტებს დაადგენს. შემდგომ ეტაპზე დიზაინერი, ერგონომიკის, ფუნქციური და სამომხმარებლო კომფორტის გათვალისწინების საფუძველზე, აპროექტებს მომავალ პროდუქტს. პროდუქციის შექმნის ყველა ეტაპზე დიზაინერს ინჟინრებთან, მარკეტოლოგებთან, ეკონომისტებთან და საავტორო ჯგუფის სხვა წევრებთან მუდმივი და მჭიდრო ურთიერთობა ესაჭიროება.

როცა ნაკეთობის ვიზუალზე, მის აგებულებასა და სტილზე ვსაუბრობთ, არ უნდა დავივიწყოთ პროდუქციის მიმართ მომხმარებლის ხედვა და აღქმები. ვინაიდან, თუ პროდუქციის მიმართ მომხმარებელს კარგი მოლოდინები და სანდოობის განცდა აქვს, ეს სწორედ ინდუსტრიის დიზაინის სპეციალისტების დამსახურებაა. ამ მიზნის მისაღწევად სპეციალისტი უნდა ფლობდეს შემოქმედებით ნიჭს, კარგ გემვნებასა და ტექნოლოგიურ

ხედვებს, რადგან ინდუსტრიულ დიზაინში მნიშვნელოვანია ბალანსის შენარჩუნება სტილს, სტრუქტურულ აგებულებასა და მოხერხებულობას შორის.

პროდუქციის დაპროექტების პროცესში მნიშვნელოვან როლს თანამედროვე ტექნოლოგიები ასრულებენ. თუ ადრე საჭირო იყო ხელით შექმნილი გრაფიკული ნახაზები და ესკიზები, დღეს, ტექნოლოგიების საშუალებით ინდუსტრიულმა დიზაინმა ახალ დონეს მიაღწია. ამ მიმართებით არსებობს ინსტრუმენტების სრული კომპლექტაციის პროგრამები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია ნებისმიერი დანიშნულების ნაკეთობის სრულყოფილი პროექტის შექმნა ესკიზიდან დასრულებულ სახემდე.

დარგის სპეციალისტები განსაკუთრებით ეფექტურად იყენებენ კომპიუტერული გრაფიკასა და მოდელირებას, ფართოდ გამოიყენება ე.წ. „ვირტუალური რეალობის“ (VR Concept) შესაძლებლობები.

მნიშვნელოვანია, რომ მომავალი ნაკეთობის განხილვის ეტაპზე ნებისმიერი გადაწყვეტილება ეკონომიკური თვალსაზრისითაც განიხილება და გასათვალისწინებელია პროდუქციის მარკეტინგული ფაქტორი. გამომდინარე იქიდან, რომ თანამედროვე რეალობაში, როცა ნაკეთობას ემატება „ინდუსტრიული დიზაინი“, რა თქმა უნდა ამ პროდუქტის თვითღირებულება 50%-ით მაინც იზრდება.

### **დასკვნა**

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ინდუსტრიის დიზაინერი არა მხოლოდ პროდუქციის ესთეტიკაზე მომუშავე კონსტრუქტორი ან ინჟინერია, არამედ იგი მთელი ისეთი დისციპლინების სისტემური ინტეგრატორია, როგორიცაა ბრენდინგი, მარკეტინგი, ვიზუალური კომუნიკაცია და სხვა.

მსოფლიოს წამყვან ბიზნესებსა და კომპანიების დიზაინ-სტუდიებში ინდუსტრიული დიზაინის მრავალი ცნობილი სპეციალისტი მუშაობს. ამ დარგის სპეციალისტები განსაკუთრებით მოთხოვნილია საავტომობილო, სატრანსპორტო, საყოფაცხოვრებო ტექნიკის, ტანსაცმლის, ავეჯის და სხვა საქონლის წარმოებებში.

რაც შეეხება საქართველოს, ჯერ ამ გზის დასაწყისში ვართ. თანამედროვე ქართულ ბიზნესში არაა ფორმირებული სრულფასოვანი წარმოდგენა იმ მიზნებს, არსსა და ეფექტურობაზე, რომელის მოხდენაც მომავალ ნაკეთობებზე ინდუსტრიული დიზაინის ზემოქმედებითაა შესაძლებელი.

მიგვაჩნია, რომ ინდუსტრიული დიზაინის დარგის პოპულარიზაციასა და განვითარებისათვის მნიშვნელოვან ნაბიჯს სხვადასხვა ღონისძიებებითა და გამოფენებით ფართო აუდიტორიის სრულფასოვანი ინფორმირება და სხვადასხვა ფორმატის საგანმანათლებლო პროგრამების ფორმირება და დანერგვა წარმოადგენს.

საგანმანათლებლო პროგრამების საშუალებით სტუდენტებს საშუალება ექნებათ გაეცნონ ინდუსტრიული დიზაინის თანამედროვე მიმართულებებს. ნაკეთობის პროექტირების, პროტოტიპების შექმნისა და მოდელირებით მიიღებენ ცოდნას თანამედროვე ტექნოლოგიების შესაძლებლობებზე. გაივლიან პროდუქციის შექმნის ყველა ეტაპს - პირველდაწყებითი კვლევიდან - მასშტაბურ პროტოტიპების შექმნამდე. სასწავლო პროგრამები მაქსიმალურად უნდა იყოს ორიენტირებული თანამედროვე კომერციულ გამოწვევებზე.

დარგის მნიშვნელოვან ბონუსად შესაძლებელია ჩაითვალოს ის გარემოება, რომ დღევანდელ რეალობებში, სპეციალისტის კონკრეტულ ადგილთან, ქალაქთან ან

ქვეყანასთან მიზმა აღარაა საჭირო. თანამედროვე ტექნოლოგიების წყალობით ამ სფეროში შესაძლებელია დისტანციურად მუშაობა. ამიტომ, მაშინაც კი, თუ დიზაინერი თბილისში ინდუსტრიული დიზაინით არის დაკავებული და საზღვარგარეთის რომელიმე ქვეყნიდან დამკვეთი სთავაზობს მას შეკვეთას, ამ სამუშაოს შესრულება და დამკვეთთან კომუნიკაცია პრობლემა აღარაა.

მნიშვნელოვანია ის, რომ თუ ჩვენი ქვეყნის სოციალური ეკონომიკა სამომავლოდ ინდუსტრიულ დიზაინს აღიქვამს როგორც კონკურენტუნარიანი პროდუქციის შესაქმნელ ინსტრუმენტს, მაშინ ამ სფეროს განვითარებას დიდი მომავალი აქვს. იმის გათვალისწინებით, რომ ჩვენ ბევრი ნიჭიერი ახალგაზრდა გვყავს. უახლოეს მომავალში, დარგის სწორად განვითარების შემთხვევაში, შესაძლებელია საქართველო ინდუსტრიული დიზაინის განვითარების ახალი მიზიდულობის წერტილად იქცეს.

#### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. Генри Дрейф. (2024) Дизайн для людей. Принципы промышленного дизайна. питер.
3. <https://www.homeis.ge/thazo-arunashvili/>
4. <https://trends.rbc.ru/trends/social/636029719a7947159ea7e68c>
5. <https://icsid.worldbank.org>

#### Промышленный дизайн, его место и роль в современном обществе

Мзия Милашвили, Валерий Мchedlishvili

##### Резюме

В статье рассматриваются место, роль и цель промышленного дизайна, сферы производства функционально-эстетических изделий - создание эстетического предметного мира и его интеграция в экономико-потребительский контекст. Промышленный дизайн обеспечивает баланс между конструктивным исполнением и эстетикой изделия, его результат базируется на новейших промышленных технологиях и является воплощением идей создателя и инженера. Эта сфера затрагивает все сферы жизни человека, что обуславливает повышенный спрос на специалистов. Подтверждением этому является появление образовательных программ за рубежом не только в области дизайна и архитектуры, но и в инженерных вузах. В Грузии мы только в начале пути. В современном грузинском бизнесе мало кто понимает, каких эффектов можно добиться с помощью дизайна. Мы считаем, что важной задачей популяризации отрасли является правильное информирование общественности.

#### Industrial design, its place and role in modern society

Mzia Milashvili, Valery Mchedlishvili

##### Abstract

The article examines the place, role and purpose of industrial design, the sphere of production of functional and aesthetic products - the creation of an aesthetic world of objects and its integration into the economic and consumer context. Industrial design provides a balance between the design and aesthetics of the product, its result is based on the latest industrial technologies and is the embodiment of the ideas of the creator and engineer. This area affects all spheres of human life, which causes an increased demand for specialists. This is confirmed by the emergence of educational programs abroad not only in the field of design and architecture, but also in engineering universities. In Georgia, we are only at the beginning of the journey. In modern Georgian business, few people understand what effects can be achieved with the help of design. We believe that an important task of popularizing the industry is to properly inform the public.

## Selection of effective and cost-effective options for changing the vessel's course, taking into account navigation conditions

Otar Jijavadze\*, Natalia Jijavadze\*\*, Amiran Jijavadze\*\*\*

*\*Professor of BSMA, Chief Engineer, E\_mail: o.jijavadze@bsma.edu.ge;*

*\*\*Head of Quality Assurance Service at the Navigation Faculty of BSMA,*

*E\_mail: [n.jijavadze@bsma.edu.ge](mailto:n.jijavadze@bsma.edu.ge)*

*\*\*\*Captain, E\_mail: [amiran.jijavadze@mail.ru](mailto:amiran.jijavadze@mail.ru)*

**Abstract:** According to the International Regulations for Preventing Collisions (COLREG 1972), when there is a risk of collision between vessels, early and decisive action must be taken to avoid it. Any change of course and/or speed must be significant enough to be readily observed by other vessels and must be in accordance with good seamanship. A series of small changes of course or speed should be avoided as they may be ineffective. The problem of choosing maneuvers to prevent collisions of vessels always remains relevant. The aim of the study is to develop algorithms for the automatic mode of vessel navigation along a given route that allow promptly adjusting the route of passage to prevent excessive proximity to vessels and obstacles, assessing the safety of movement along the changed route and choosing an effective route correction option. Two methods are proposed for prompt route correction: parallel displacement of the active section of the route and insertion of a waypoint. To test the effectiveness of the proposed methods, a simulation model of vessel navigation along a given trajectory in the presence of moving targets was compiled, allowing promptly adjusting the route in the manner discussed above to pass the targets. Analysis of many divergence situations using this program showed that the proposed methods provide an easy way to select effective route correction options for passing several vessels and allow taking into account the presence of navigational hazards in the area of movement. The choice of the divergence maneuver and its execution are made in the automatic vessel navigation mode along the route and do not require switching to manual vessel control mode.

**Keywords:** Vessel, Course, Obstacle, Maneuver, Navigation.

A large number of works are devoted to the problem of choosing maneuvers to prevent collisions of vessels. Their results are reflected to a certain extent in publications [1, 3, 4]. Currently, multipurpose systems for route planning, situation assessment and vessel navigation are being developed for vessels. In them, the vessel is controlled by a navigation and information system (NIS). In the control mode, it should allow promptly and easily adjusting the planned route of passage on the electronic card (EC) to avoid a collision with an obstacle or a vessel, simply assessing the effectiveness of the planned measures based on the image on the EC, activating them from the EC module, and monitoring the process of vessel movement along the changed route. The purpose of the study is to develop algorithms for the automatic mode of vessel navigation along a given route that allow, in the dialogue mode with the NIS on the electronic map, promptly adjusting the route of passage to prevent excessive proximity to vessels and obstacles, assessing the safety of movement along the changed route and choosing an effective route correction option.

For operational route correction, two methods are proposed:  
parallel shift of the active route segment and waypoint insertion.

In many situations, to prevent excessive proximity to other vessels, it is advisable to shift to a parallel track line (SPRL) [2]. This standard maneuver can be used with a deviation angle from the course of up to 150°.

The trajectory of the vessel's CM during the maneuver is shown in Fig. 1. This maneuver is characterized by: the angle of course change  $\Delta K$ , a given turning parameter (let's say radius  $R_3$ ), the turn time  $\tau$  by the angle  $\Delta K$  and the distance traveled during this time  $\Delta l$ , the distances  $\Delta s$ ,  $\Delta b$  from the waypoint  $Z$  to the start points  $A$  and end points  $B$  of the turn, the length  $S_L$  of the straight segment, the direct  $s_{cm}$  and lateral  $r_{cm}$  displacement of the end point  $E$  relative to the initial  $A$ , the duration  $m\tau$  of the maneuver and the moment  $mt$  of its beginning.

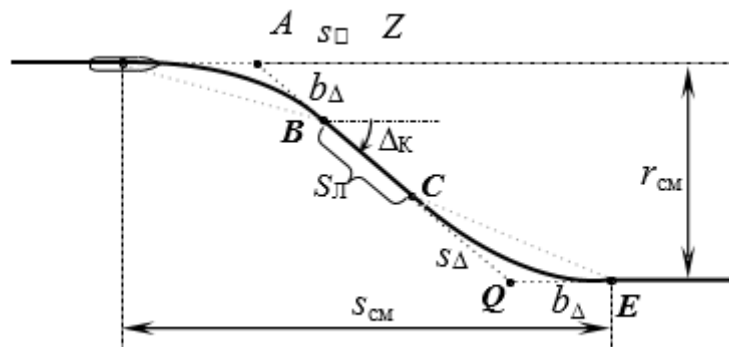


Fig. 1. Maneuver of shifting to a parallel track line

Depending on the given radius  $R_3$  and the angle of rotation, the values of  $\Delta s$  and  $\Delta b$  can be calculated using simplified form (ulus explained in Fig. 2):

$$S_{\Delta} = (R_3 + K_{R3}L)tg \frac{\Delta_K}{2}; \quad b_{\Delta} = tg \frac{\Delta_K}{2}$$

Here  $L$  is the length of the vessel;  $R_3$ ,  $k$  is the coefficient corresponding to a specific vessel (usually lies in the range from 0.7 to 1.7, on average it is considered equal to one). Thus, the turning trajectory is simplified as a set of the turning delay section  $AP$  and the arc of a circle  $PB$ . The length of the turning trajectory

$$l_{\Delta} = K_{R3}L * tg \frac{\Delta_K}{2} + R_3 \Delta_K$$

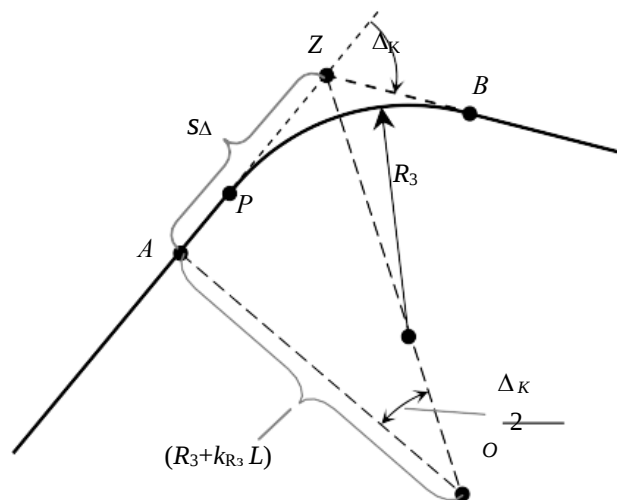
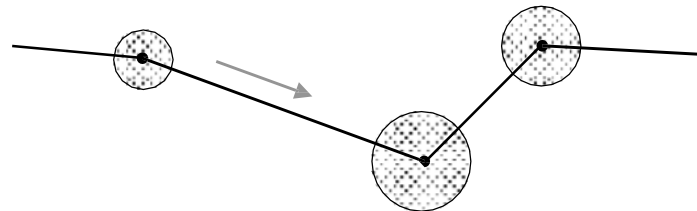


Fig. 2. Maneuver parameters  $S_{\Delta}$ ;  $b_{\Delta}$

More precisely, the maneuver parameters  $S_{\Delta}$ ,  $b_{\Delta}$ ,  $l_{\Delta}$  are found by modeling in accelerated turn time using the reference model of the automatic course control system. The turn time by an angle  $\Delta_K$  and the duration of the maneuver are calculated using the formulas:

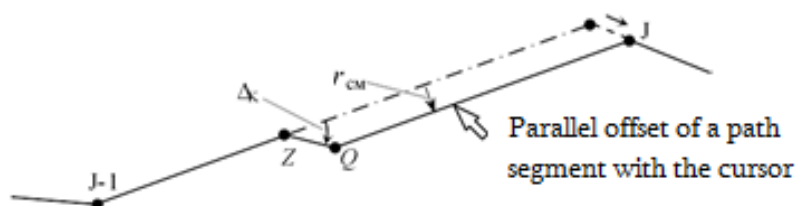
$$\tau_{turn} = \frac{l_{\Delta}}{V} ; \tau_m = 2\tau_{turn} + S_l/V$$



**Fig. 3. Route with zones of evolutionary movement**

In some cases, the transition route is represented as a broken line with circular areas of radius  $S_{\Delta} = f(R_3, \Delta_K)$  near the waypoints (Fig. 4). These areas, on the boundary of which the turn begins, are called zones of evolutionary motion.

In order to avoid excessive approach to vessels by shifting to a parallel track line in the route section [J-1, J] mode (Fig. 4), the deviation angle from the course ( $\Delta_K$ ) and the shift ( $r_{cm}$ ) of the remaining part of the active track section are set without changing its direction. As a result, two new waypoints (Z, Q) are entered into the route and the position of the turning point J is changed.



**Fig. 4. Changing the route to pass a vessel by maneuvering to a parallel track line**

Point Z is usually considered to be a location at a distance  $S_{\Delta}$  ahead of the current position of the ships. If the start of the maneuver is planned with a time delay ( $t$ ), then the future position of the ship's CM at a distance of  $(S_{\Delta} + V * t)$  from its current location is taken as Z. The position of waypoints Q, J depends on  $\Delta_K$ ,  $r_{cm}$  as well as the courses along the active and following segments of the route.

In order to promptly change the route using the method under consideration, it is necessary to introduce a special function and a program for its implementation into the R/V. This program should allow assigning  $R_3$ ,  $\Delta_K$  and the shift  $r_{cm}$  of the route segment. It is also advisable to provide for the input of the delay time  $t_{3\Delta}$  of the maneuver.

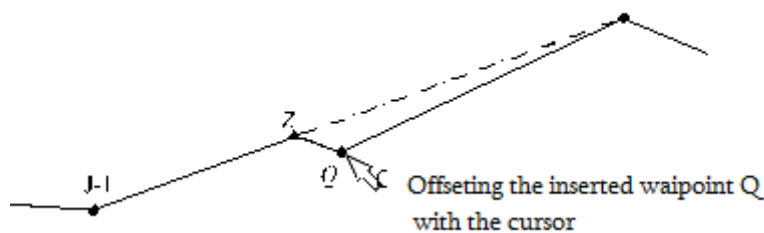
It is convenient to shift the active route segment by "dragging" it with the cursor while holding down the left button of the manipulator. When performing this operation, it is necessary to calculate the values of the parameters of the SPLP maneuver (in the area of its existence) corresponding to the shift  $r_{cm}$  of the route segment. The following should be displayed on the screen:

the forecast of the vessel's route and its position calculated at the end of the maneuver with the speed vector and safety area; target vessels, their path from the current location to the one predicted at the end of the maneuver, the vectors of true and relative motion.

Fig. 5 - 7 shows an example of data display when selecting a maneuver of the SPLP to diverge from 4 targets. The initial situation is shown in Fig. 5. The time of the true motion vectors is taken to be 6 min, the relative motion vectors - 12 minutes, the maneuver delay time - 0 min. The permissible closest approach distance (PCAD) is set to 10 kb.

When selecting a maneuver (Fig. 6), the predicted trajectory of our vessel's transition to the active route segment shifted by the cursor is shown by a dotted line. Near the vessel's predicted location at the end of the SPLP maneuver, its speed vector and safety zone with the PCAD radius are shown by a solid line. The actual position of the target in Fig. 6 is designated by its number. The true and relative motion vectors are shown near the predicted target location at the end of the maneuver. If the target is not dangerous at the end of the maneuver, the true motion vector will be a thin solid line, and the relative motion vector will be a thin dotted line. If the target is dangerous, the true motion vector will be a thick solid line, and the relative motion vector will be a thick dashed line. If there is no excessive approach to the target in the interval from the beginning to the end of the maneuver, the path from the actual position to the predicted position at the end of the maneuver is shown as a thin dashed line. If a dangerous approach occurs in the named time interval, this path is displayed as a "dash-two dots" line. The given method of data display is chosen for explanations. On the NIS monitor screen, to improve understanding of the situation, information is highlighted in more effective ways: different colors, blinking, etc.

The choice of the divergence maneuver consists in finding (by shifting the cursor to the right and left of the route segment relative to its initial position) the smallest  $r_{cm}$ , at which the SPLP maneuver does not contradict the COLREGs and does not lead to the danger of excessive rapprochement with other vessels during the evasion process and at the moment of its completion. In the example under consideration, such a shift ( $r_{cm} = 16.62$  kb) is shown in Fig. 6. Having selected  $r_{cm}$ , the navigator, depending on the situation, determines the maneuver start point. When the vessel arrives at it, gives the command to begin movement along the changed route. According to this command, waypoints Z, Q, J, corresponding to the selected  $r_{cm}$  value, are entered into the planned route in the research vessel. The research vessel, ensuring movement along the changed route, will perform the divergence task. The situation of vessel rapprochement at the moment of entering the shifted route segment is shown in Fig. 7.



**Fig. 5. Changing the route to avoid a vessel by inserting a waypoint Q**

The second proposed method for selecting a change in the trajectory for diverging from ships corresponds to the insertion of two waypoints Z and Q (Fig. 8). Point Q appears when the manipulator key is pressed in the mode of selecting a divergence maneuver in this way. Its location coincides with the cursor position. When the key is pressed, point Q can be dragged by the cursor along the EC field. Point Z appears when Q is displayed. The location of Z is determined by the position of our vessel, point Q, and the assigned maneuver delay time. For any position of point Q selected by the cursor, it is possible to view (in the area of existence of the maneuver) what the situation of the convergence of the vessels will be at the moment our vessel enters the QJ segment and what the amount of loss of running time will be.

To test the efficiency of the proposed methods, a simulation model of vessel navigation along a given trajectory in the presence of moving targets (up to 50) was developed, allowing the route to be promptly

adjusted in the manner discussed above in order to pass the targets. Analysis of many divergence situations using this program showed that the proposed methods provide ease of selection of effective route adjustment options for passing several vessels and allow the presence of navigational hazards in the area of movement to be taken into account. The selection of the divergence maneuver and its execution are performed in the automatic vessel navigation mode along the route and do not require switching to manual vessel control mode.

#### LIST OF REFERENCES:

1. Alekseychuk M.S. Basic principles of the system for making optimal decisions when ships pass each other // Navigation: collection of scientific papers of the OGMA. - 1999. - Issue 1. - Pp. 7 – 14;
2. Vagushchenko A.L. Algorithm for passing with a vessel by shifting to a parallel track line // Automation of ship technical means: scientific and technical collection. - 2006. - Issue 11. - Odessa, ONMA - Pp. 10 – 20;
3. Maltsev A.S. Maneuvering of vessels when passing each other. - Odessa: Marine training center, 2002. - 208 p.;
4. Ship control: textbook for universities /S.I. Demin, E.I. Zhukov, N.A. Kubachev, and others; edited by V.I. Snopkov. – M.: Transport. 1991. – 359 p.

#### გემის კურსის შეცვლის ეფექტური და ეკონომიური ვარიანტების შერჩევა ნავიგაციის პირობების გათვალისწინებით ოთარ ჯიჯავაძე, ნატალია ჯიჯავაძე, ამირან ჯიჯავაძე რეზიუმე

გემების შეჯახების თავიდან აცილების საერთაშორისო რეგულაციების (COLREG-72) შესაბამისად, როდესაც გემებს შორის შეჯახების საშიშროება წარმოიქმნება, საჭიროა სწრაფი და გადამწყვეტი ზომების მიღება მისი თავიდან აცილების მიზნით. უმეტეს შემთხვევაში ეს ხდება გემის კურსის და/ან სიჩქარის ცვლილებით. ამასთანავე გასათვალისწინებელია ისიც, რომ კურსისა და/ან სიჩქარეში მცირე ცვლილებები ხშირად არაეფექტურია. ამიტომ გემის მანევრირების შერჩევა შეჯახების პრევენციის მიზნით ყოველთვის აქტუალურია. კვლევის მიზანია შემუშავდეს გემის ნავიგაციის ავტომატური რეჟიმისთვის ალგორითმი, რომელიც იძლევა მარშრუტის სწრაფი კორექტირების საშუალებას, რათა თავიდან ავიცილოთ გემებთან და დაბრკოლებებთან საშიშ მანძილზე მიახლოება. მარშრუტის ოპერატიული კორექტირებისთვის შემოთავაზებულია ორი მეთოდი: აქტიური კურსის მონაკვეთის პარალელური გადაადგილება და სავალი წერტილის დასმა. შემოთავაზებული მეთოდების ეფექტურობის შესამოწმებლად შემუშავდა გემის ნავიგაციის სიმულაციური მოდელი მოცემული ტრაექტორიით მოძრაობის სამიზნეებით, ზემოთ განხილული მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მარშრუტის სწრაფი კორექტირება. ამ პროგრამის გამოყენებით სიტუაციის ანალიზმა აჩვენა, რომ შემოთავაზებული მეთოდები იძლევა გემის მარშრუტის კორექტირების ეფექტური ვარიანტების არჩევის საშუალებას ნავიგაციის საფრთხის არსებობის გათვალისწინებით. დაბრკოლების გვერდის ავლის მანევრის შერჩევა და მისი შესრულება ხორციელდება ავტომატურად და არ საჭიროებს გემის გადაყვანას ხელოვნური მართვის რეჟიმში.

**Выбор эффективных и экономичных вариантов изменения курса судна с учетом навигационных условий**

**Отар Джиджавадзе, Наталия Джиджавадзе, Амиран Джиджавадзе**

**Резюме**

В соответствии с Международными правилами предупреждения столкновений судов (МППСС-72), при возникновении опасности столкновения судов необходимо предпринимать заблаговременные и решительные действия для ее предотвращения. Любое изменение курса и/или скорости должно быть достаточно значительным, чтобы его могли легко заметить другие суда, и соответствовать хорошей морской практике. Следует избегать серии небольших изменений курса или скорости, так как они могут быть неэффективными. Целью исследования является разработка для автоматического режима вождения судна по заданному маршруту алгоритмов, позволяющих оперативно корректировать маршрут перехода для предупреждения чрезмерного сближения с судами и препятствиями, оценивать безопасность движения по измененному пути и выбирать эффективный вариант коррекции маршрута. Для оперативной коррекции маршрута предлагаются два метода: параллельного смещения активного отрезка пути и вставки путевой точки. Для проверки эффективности предложенных методов составлена имитационная модель вождения судна по заданной траектории при наличии движущихся целей позволяющая оперативно корректировать маршрут рассмотренным выше образом, чтобы разойтись с целями. Анализ с помощью этой программы многих ситуаций расхождения показал, что предложенные способы обеспечивают простоту выбора эффективных вариантов коррекции маршрута для расхождения с несколькими судами и позволяют учитывать наличие навигационных опасностей в районе движения. Выбор маневра расхождения и его выполнение производятся в режиме автоматического вождения судна по маршруту и не требуют перехода на ручной режим управления судном.

## საქართველოს ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების პერსპექტივები

ვაჟა ზეიკიძე\*, გიორგი მაისურაძე\*\*, თამარ კილაძე\*\*\*,  
ცირა ელგენდარაშვილი\*\*\*\*, ნატალია ელგენდარაშვილი\*\*\*\*\*

*\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

*ელ. ფოსტა: v.zeikidze@gtu.ge;*

*\*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: g.maisuradze@gtu.ge;*

*\*\*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: t.kiladze@gtu.ge;*

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

*ელ. ფოსტა: t.elgendarashvili@gtu.ge;*

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

*ელ. ფოსტა: nataliko1710@yahoo.com*

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების თავისებურებები და საქართველოში მისი სრულყოფის მიმართულებები. კვლევის პროცესში შესწავლილი და გაანალიზებული იქნა ქვეყანაში სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის არსებული მდგომარეობა, მისი როლი ტურისტული ინდუსტრიის განვითარებაში. სტატიაში გაანალიზებულია ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის კვლევის შედეგები და მასზე დაყრდნობით ჩამოუალიბებულია წინადადებები, რომელთა დანერგვა მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ქვეყანაში ტურისტული ინდუსტრიის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის სამომავლო განვითარებას.

**საკვანძო სიტყვები:** სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, ტურისტული მომსახურება, საგზაო ინფრასტრუქტურა.

### შესავალი

საქართველოს ტურიზმის ინდუსტრია, როგორც ქვეყნის ეკონომიკური სისტემა შედგება მრავალფეროვანი კომპლექსისაგან, რომლის ერთ-ერთი შემადგენელი ელემენტია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა. საქართველოში ტურიზმის ინდუსტრიის განვითარება შეუძლებელია სატრანსპორტო მომსახურების გარეშე. ტურიზმის სატრანსპორტო მომსახურების დონე საქართველოში გარკვეულ წილად, როგორც ხარისხით ისე არჩევანის დონით, ჩამორჩება განვითარებულ ქვეყნებს. ტურიზმის სატრანსპორტო მომსახურების პრობლემებს საქართველოში მიეკუთვნება მთიან რეგიონებში საგზაო ინფრასტრუქტურის არასათანადო დონე, რაც გარკვეულად ართულებს ღირშესანიშნავ ადგილებამდე ტურისტების მიყვანას. მგზავრთნაკადის ზრდა, რომელიც საჭიროებს ოპტიმიზაციას, ტრანსპორტის ეკოლოგიური უსაფრთხოება, შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ტურისტების გადაადგილებისათვის საზღვაო ტრანსპორტის გამოყენების განვითარება, შემომყვანი ტურების ორგანიზებისთვის საჭირო ტრანსპორტის გამოყენება და ა.შ.

წარმოდგენილი სტატია ეხება სწორედ ტურიზმის ინდუსტრიის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის კვლევას, რადგან ტრანსპორტი ამ შემთხვევაში გვევლინება არა მარტო ტურისტების გადაადგილების საშუალებად და დარგის განვითარების საფუძვლად, არამედ იძენს ტურისტული რესურსის ფუნქციას, რადგან სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებით იქმნება საშუალება ქვეყანაში ტურისტული ნაკადების თავისუფალი გადაადგილებისათვის.

საკითხის შესწავლისა და კვლევების პროცესში, როგორც სამამულო, ისე უცხოურ სამეცნიერო წყაროებში ყურადღება ძირითადად მახვილდება სატრანსპორტო მომსახურებაზე და ნაკლები ყურადღება ეთმობა ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის შესწავლას. ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ნაშრომში აქცენტი სწორედ გაკეთებულია ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების არსებულ მდგომარეობაზე და პერსპექტივაში მისი განვითარების სრულყოფაზე.

### ძირითადი ტექსტი

ქვეყნის ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება ემსახურება არამარტო ტურისტულ კომპანიებს, არამედ მისი მომსახურებით სარგებლობა შეუძლია სამოქალაქო საზოგადოების წარმომადგენლებს, გადაადგილების და ტვირთების ტრანსპორტირების პროცესში. ფაქტიურად ქვეყნის ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა მოიცავს მთლიან სატრანსპორტო კომპლექსს. ჩვენს მიერ ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის შესწავლია მიზნით აუცილებელია მისი არსის დაზუსტება და სისტემური კლასიფიკაციის შემუშავება. საქართველოს ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა შესაძლებელია დავყოთ შემდეგ ელემენტებად:

1. კუთვნილების მიხედვით (საერთაშორისო, ეროვნული და რეგიონული);
2. საკუთრების ტიპის მიხედვით (საჯარო, კერძო, სახელმწიფო-კერძო პარტნიორული);
3. გამოყენების ტიპის მიხედვით (მასობრივი-ტურიზმი, ინდივიდუალური-ტურიზმი);
4. განვითარების დონის მიხედვით (განვითარებული, განუვითარებელი);
5. ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით:
  - ა. სატრანსპორტო საშუალებებად (ავტობუსები, მიკროავტობუსები, სარკინიგზო ტრანსპორტი, საზღვაო და სხვა სატრანსპორტო საშუალებები);
  - ბ. სატრანსპორტო ობიექტები (ავტოსადგურები, რკინიგზის სადგურები, აეროპორტები, პორტები);
  - გ. სატრანსპორტო გზები (სარკინიგზო, საავტომობილო, საზღვაო);
  - დ. სატრანსპორტო მარშრუტები (სარკინიგზო, საჰაერო, საზღვაო, საავტომობილო, საფეხმავლო);
  - ე. სატრანსპორტო და ტურისტული კომპანიები;
  - ვ. კომუნიკაციის და საინფორმაციო საშუალებები.

წარმოდგენილ კლასიფიკაციაზე დაყრდნობით შესაძლებელია ჩამოვყალიბოთ ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის არსის შემდეგი განმარტება - ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა არის ერთიანი კომპლექსი, რომელიც აერთიანებს სატრანსპორტო საშუალებებს, სატრანსპორტო ობიექტებს, სატრანსპორტო და ტურისტულ კომპანიებს, სატრანსპორტო გზებსა და მარშრუტებს, სატრანსპორტო

მომსახურების სექტორში მომქმედ ტურისტულ და მომსახურების სერვისებს (კომუნიკაციის და საინფორმაციო საშუალებებს, შრომითი რესურსებს), რომელიც მთლიანობაში გამოიყენება ტურისტული მომსახურების ორგანიზებისთვის.

ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეყანის ტურისტული იმიჯის, ტურისტული კომპანიების და სერვისების ფორმირებაში, როგორც ქვეყნის ისე რეგიონების მაშტაბით. ამასთან ერთად აუცილებელია გამოვყოთ მისი უნიკალური თვისებები, რომელიც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული დარგის და კომპანიების მართვისას, კერძოდ:

- მრავალფუნქციურობა;
- კომუნიკაბელურობა;
- დინამიურობა;
- მრავალფაქტორულობა;
- ტრავმატიზმის რისკი;
- ჩართულობა;
- ადაპტირება.

საქართველოს ტურისტული კლასტერის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მართვის პრობლემები განპირობებულია ამ სფეროში არსებული მომსახურების სერვისების თავისებურებებით, მათგან აღსაიშნავია შემდეგი გარემოებები:

- სისტემის ზოგიერთი ელემენტი არამატერიალურია (ტრანსპორტირება, სერვისის ხასიათი, უსაფრტხოების ზომები, სუბიექტების შთაბეჭდილებები);
- შეუძლებელია სისტემის სარვისების შენახვა და მარაგების შექმნა;
- სერვისის ერთდროული წარმოება და მოხმარება;
- სუბიექტივიზმი აღქმაში;
- ბალანსის შენარჩუნების აუცილებლობა ადამიანური და ტექნიკური ფაქტორების აღქმაში.

ქვეყნის ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის კვლევის პროცესში, ჩვენს მიერ სისტემის მართვის პროცესში რესურსების ეფექტურად განაწილების მიზნით, გამოყოფილი იქნა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ოპტიმალური კომპლექსის ფორმირების ძირითადი ელემენტები და ჩავატარეთ შედარებითი ანალიზი შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

- დიზაინი და სტრუქტურა (კრიტერიუმის ხვედრითი წილი კომპლექსში-10%);
- ისტორიული ფასეულობანი (20%);
- უნიკალურობა (10%);
- კავშირი ტურისტულ რეგიონებთან (20%);
- ტურისტების მხრიდან მონახულების სისხშირე (40%).

ქვეყნის ტურისტული ობიექტის შერჩევის მომენტში, ობიექტის მიერ 50%- ის და მეტის ხვედრითი წილის მოგროვების შმთხვევაში, ობიექტი მიჩნეული ხდება ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის წამყვან ელემენტად და ხორციელდება სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის კომპლექსის განვითარებისთვის საჭირო ღონისძიებების დამუშავება.

საქართველოს ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის სამომავლო განვითარებისთვის შესაძლებელია გამოვყოთ ოთხი ძირითადი მიმართულება:

- სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებით საგზაო ქსელის სრულყოფა (ახალი საგზაო ინფრასტრუქტურის მოწყობა, ახალი თანამედროვე სტანდარტების საავტომობილო გზების მოწყობა);
- საგზაო მოძრაობის და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მენეჯმენტის სრულყოფა (სატრანსპორტო ნაკადების ოპტიმიზაცია, მომხმარებელზე ორიენტირებული მიდგომების დანერგვა, ახალი თანამედროვე სტანდარტის პარკინგის მოწყობა, მართვის ავტომატიზირებული სისტემების გამოყენება);
- ინოვაციების დანერგვა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მართვის სფეროში (ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება სატრანსპორტო სისტემების მართვაში, მომსახურების სანავიგაციო და საინფორმაციო ინსტრუმენტების შემუშავება-დანერგვა);
- სახელმწიფოს როლის შეცვლა ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მართვის პროცესში, სახელმწიფო და კერძო პარტნიორობის განვითარებით.

სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების მიმართულებებზე დაყრდნობით, წინასწარ შედგენილი კითხვარებით, ინტერვიუს მეთოდის გამოყენებით 2023 წელს გამოკითხული იქნა 8 ექსპერტი-სპეციალისტი. მონაცემების დამუშავების შედეგად მიღებული მონაცემები შეტანილი იქნა ცხრილში (იხ.ცხრილი 1).

ცხრილი 1

ქვეყნის ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების დონის შეფასება  
ბალების მიხედვით

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| აეროპორტები                                  | 4   |
| საჰაერო ტრანსპორტი                           | 4   |
| სარკინიგზო სადგურები                         | 3   |
| სარკინიგზო ტრანსპორტი                        | 2   |
| ავტოსადგურები                                | 2   |
| საავტომობილო ტრანსპორტი                      | 2   |
| საგზაო ინფრასტრუქტურა                        | 2,5 |
| საავტომობილო გზების მიმდებარე ინფრასტრუქტურა | 2   |
| ტრანსპორტზე სერვისის დონე                    | 2,5 |

შეფასება ბალებით (1 - ძალიან დაბალი, 2 - დაბალი, 3 - საშუალო, 4 - საშუალოზე მაღალი, 5 - მაღალი.)

წარმოდგენილი მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, რომ დაბალი შეფასება მიიღო ავტოსადგურებმა, საავტომობილო გზების მიმდებარე ინფრასტრუქტურამ, საავტომობილო ტრანსპორტმა და სარკინიგზო ტრანსპორტმა. საშუალოზე მაღალი დონის შეფასება მიიღო ქვეყანაში მომქმედმა აეროპორტებმა და საჰაერო ტრანსპორტმა. მთლიანობაში ცხრილის მონაცემების ნალიზიდან ჩანს რომ საქართველოს ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, ჯერ კიდევ ვერ აკმაყოფილებს ტურიზმის სერვისების თანამედროვე მოთხოვნებს.

ჩატარებული კვლევის შედეგად ნათელი ხდება, რომ საქართველოში ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაჩაქრებული განვითარების უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია მართვის ახალი სისტემის ელემენტების წარმატებით დანერგვა.

ამ მიზნით 2025 წლის პირველი ივნისიდან, საქალაქთაშორისო რეგულარული მგზავრთა გადაყვანა განხორციელდება მხოლოდ M3 კატეგორიის ავტოსატრანსპორტო

საშუალებებით. 2024 წლის 1 მარტიდან საქართველოს კანონში „საავტომობილო ტრანსპორტის შესახებ“, შევიდა ცვლილებები. ცვლილებიდან გამომდინარე გადამზიდველს ევალება მგზავრთა გადასაყვანად შესაბამისი ნებართვის აღება. ერთი ნებართვა შეეხება სამგზავრო გადაყვანის ნებართვას და მეორე საერთაშორისო საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების ნებართვას. ნებართვები კონკურსის გარეშე გაიცემა და საქართველოს მთავრობის სპეციალური დადგენილებით დარეგულირდება. „საავტომობილო ტრანსპორტის შესახებ“ კანონს სპეციალური მუხლი დაემატა, რომელშიც ასევე განსაზღვრულია ავტოსადგურების კლასები და მათი სერტიფიცირება. კანონის თანახმად ავტოსადგურები სამ კლასად დაიყოფიან და თითოეულ კლასს დავალებული აქვს შესაბამისი მოთხოვნების დაკმაყოფილება. პირველი კლასის ავტოსადგურები განახორციელებენ, როგორც საერთაშორისო ისე შიდა სამგზავრო გადაყვანებს. მეორე და მესამე კლასის ავტოსადგურები მოემსახურებიან მხოლოდ მგზავრთა შიდა გადაყვანებს. ქვეყნის ავტოტრანსპორტის განვითარებისთვის დაწესებული ახალი რეგულაციები, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს მგზავრთა გადაყვანის სერვისს და დააჩქარებს ახალ სტანდარტებზე გადასვლას, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად წაადგება ქვეყანაში ტურისტული სატრანსპორტო მომსახურების შემდგომ განვითარებას. ტურისტული სატრანსპორტო მომსახურების ინფრასტრუქტურის სრულყოფის კუთხით მეტად საყურადღებოა 2008/68/EC დირექტივის მოთხოვნების დანერგვა, რომელიც შეეხება ქვეყნის ტერიტორიაზე სახიფათო ტვირთების გადაზიდვის პირობებსა და წესებს, რომლის მოთხოვნების ამოქმედება აუცილებელია გამართული სატრანსპორტო სერვისების პირობებში.

საქართველოს რკინიგზისათვის, ინფრასტრუქტურის თვალსაზრისით, ძირითადი პრობლემაა ხაშურსა და ზესტაფონს შორის მდებარე 17 კილომეტრიანი მონაკვეთი, რომელზეც მთიანი რელიეფის გამო შეზღუდულია რკინიგზის ტრანსპორტის მოძრაობის სიჩქარე, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის თბილისსა და ბათუმს, თბილისსა და ფოთს შორის მატარებლების მოძრაობის ხანგრძლივობას. ამჟამად აქტიურად მიმდინარეობს რკინიგზის მოდერნიზაციის პროექტი, რომლის დასრულების შემდეგ, ამ ყველაზე რთულ უბანზე სარკინიგზო ოპერაციებისთვის არსებითად გაუმჯობესდება სარკინიგზო ინფრასტრუქტურა. საქართველოს რკინიგზის არსებულ გამოწვევებსა წარმოადგენს სავაგონო-სალოკომოტივო პარკი, რომელიც თავისი ტექნიკური პარამეტრებით მოძველებულია და დაჩქარებულ განახლებას სჭიროებს.

## დასკვნა

ქვეყნის ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის კვლევის შედეგად შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება: ტურისტული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა არის ერთიანი კომპლექსი, რომელიც აერთიანებს სატრანსპორტო საშუალებებს, სატრანსპორტო ობიექტებს, სატრანსპორტო და ტურისტულ კომპანიებს, სატრანსპორტო გზებსა და მარშრუტებს, სატრანსპორტო მომსახურების სექტორში მომქმედ ტურისტულ და მომსახურების სერვისებს (კომუნიკაციის და საინფორმაციო საშუალებებს, შრომითი რესურსებს, რომელიც მთლიანობაში გამოიყენება ტურისტული მომსახურების ორგანიზებისთვის. კვლევის შედეგად ნათელი ხდება, რომ საქართველოში ტურიზმის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის დაჩქარებული განვითარების უზრუნველყოფის მიზნით, აუცილებელია მართვის ახალი სისტემის ელემენტების წარმატებით დანერგვა.

ქვეყნის ავტოტრანსპორტის განვითარებისთვის დაწესებული ახალი რეგულაციები, რომელიც ამოქმედდება 2025 წლის 1 ივნისიდან, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს მგზავრთა გადაყვანის სერვისს და დააჩქარებს ახალ სტანდარტებზე გადასვლას, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად წაადგება ქვეყანაში ტურისტული სატრანსპორტო მომსახურების შემდგომ განვითარებას. საქართველოს რკინიგზის ინფრასტრუქტურის განვითარების სრულყოფისათვის არსებულ გამოწვევებს, წარმოადგენს რკინიგზის მოდერნიზაციის პროექტი, რომლის დასრულების შემდეგ არსებითად გაუმჯობესდება სარკინიგზო ინფრასტრუქტურა. ასევე განახლებას საჭიროებს სავაგონო-სალოკომოტივო პარკი, რომელიც თავისი ტექნიკური პარამეტრებით მოძველებულია.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:**

1. საქართველოს 2023-2030 წლების ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის ეროვნული სტრატეგია. თბ., 2022;
2. ბ. გითოლენდია, საქართველოს სატრანსპორტო სექტორის, ევროპულ სისტემებთან ურთიერთთავსებადობისა და ინტერმოდალურობის პრობლემის ანალიზი, თბ., 2018;
3. ბ. ნამჩავაძე, ინფრასტრუქტურა - საქართველოს ეკონომიკის ძლიერი თუ სუსტი მხარე <https://forbes.ge/inphrastruqtura-sagarthvelos-ekonomikis-dzlieri-thu-susti-mkhare/>
4. მ. მახნიაშვილი, კერძო-საჯარო პარტნიორობა: საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარების ახალი შესაძლებლობები თბ., 2024;
5. საზღვაო ტრანსპორტის სტრატეგიული განვითარების კონცეფცია თბ., 2020;
6. European Commission, Directorate-General for Communication Citizens information – THE EUROPEAN UNION EXPLAINED – „Transport“ – 2014;
7. [http://europa.eu/pol/trans/index\\_en.htm](http://europa.eu/pol/trans/index_en.htm)
8. <http://www.economy.ge>

**Prospects for the development of Georgian tourism transport infrastructure**

**Vazha Zeikidze, George Maisuradze, Tamar Kiladze, Tsira Elgendarashvili,**

**Natali Elgendarashvili**

**Abstract**

The article discusses the features of the development of tourism transport infrastructure and the directions of its improvement in Georgia. In the process of research, the current state of the transport infrastructure in the country, its role in the development of the tourism industry were studied and analyzed. The article analyzes the results of the research on tourism transport infrastructure and, based on it, makes proposals, the implementation of which will significantly improve the future development of the transport infrastructure of the tourism industry in the country.

**Перспективы развития туристической транспортной инфраструктуры Грузии**

**Важа Зейкидзе, Георгий Маисурадзе, Тамар Киладзе, Цира Елгендарашвили,**

**Натали Елгендарашвили**

**Резюме**

В статье рассматриваются особенности развития транспортной инфраструктуры туризма в Грузии и направления ее совершенствования. В процессе исследования было изучено и проанализировано современное состояние транспортной инфраструктуры страны и ее роль в развитии туристической отрасли. В статье анализируются результаты исследования транспортной инфраструктуры туризма и на их основе вносятся предложения, реализация которых позволит существенно улучшить будущее развитие транспортной инфраструктуры туристической отрасли страны.

### სამეცნიერო ნაშრომის რედაქციაში წარმოდგენის წესი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის 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 1,15 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 - 35 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 (სრულად) და გვარი - Sylfaen გარნიტურის შრიფტით 14B; ავტორის თანამდებობა/წოდება/ხარისხი, ელ. ფოსტის მისამართი უნდა მიეთითოს შრიფტით 10; დასახელება ორგანიზაციის, სადაც შესრულდა სამუშაო, უნდა მიეთითოს ფრჩხილებში - შრიფტით 12B; ნაშრომის რეზიუმე უნდა შესრულდეს კურსივი შრიფტით 11; საკვანძო სიტყვები - შრიფტით 11; ნაშრომის ტექსტი - 11; 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 ან კომპაქტ დისკზე (CD-R) და ერთ ეგზემპლარად A4 ფორმატის ქაღალდზე (მკაფიოდ) დაბეჭდილი ან ატვირთეთ შემდეგ მისამართზე: [journal.t.m@gtu.ge](mailto:journal.t.m@gtu.ge)

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

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.

**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 1,15 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 – 35 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 12B; 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 Or upload to the following address: [journal.t.m@gtu.ge](mailto:journal.t.m@gtu.ge);

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.

## **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 1,15 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 – 35 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 Или загрузите по следующему адресу: [journal.t.m@gtu.ge](mailto:journal.t.m@gtu.ge);

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.

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (62) 2025

TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №1 (62) 2025

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №1 (62) 2025

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”

დიზაინერ-დამკაბადონებელი - თეა ბარამაშვილი

Designer-Typographer - Tea Baramashvili

Дизайнер-типограф - Теа Барамашвили

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2025წ. 27 მარტი;  
გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი  
თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.  
Signed for printing 27: 03: 2025; Editor size 60X84 1/8; printed  
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.  
Подписано к печати 27: 03: 2025г; Формат издания л. 60X84 1/8;  
Физических печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.