

ტრანსპორტი და  
მანქანათმშენებლობა  
TRANSPORT AND  
MACHINEBUILDING

ISSN 1512-3537

N2 (57) 2023

სამეცნიერო-ტექნიკური  
ჟურნალი

თბილისი



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი

ISSN 1512-3537

# ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა

№2 (57) 2023

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი  
ნაშრომების კრებული

ჟურნალი რეგულირდება ქრფ-ში „ქართული რეგერატული ჟურნალი“

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



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“  
თბილისი  
2023

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა  
**TRANSPORT AND MACHINEBUILDING**  
**ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ**

სარედაქციო კოლეგია

პროფ. ოთარ გელაშვილი (მთავარი რედაქტორი); პროფ. არჩილ ფრანგიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე); პროფ. თეა ბარამაშვილი (ტექნიკური რედაქტორი); პროფ. დავით თავხელიძე; პროფ. მანანა თალაკვაძე; პროფ. ნათია ბუთხუზი; პროფ. გივი გოლეტიანი; პროფ. თამაზ ნატრიასვილი; პროფ. თამაზ მორჩაძე; პროფ. ალექსანდერ სლადკოვსკი (პოლონეთი); პროფ. გეორგი ტოხტარი (უკრაინა); პროფ. მიხაილ ბენ ხაიმ (ისრაელი); პროფ. კოლინ რიგბი (დიდი ბრიტანეთი); პროფ. გიზო ფარცხალაძე; პროფ. რაულ თურმანიძე; პროფ. ნია ნატბილაძე; პროფ. გოჩა ჩიტაიშვილი; პროფ. ზაურ ჩიტძე; პროფ. გოდერძი ტკეშელაშვილი; პროფ. ჯუმბერ იოსებძე; პროფ. ავთანდილ შარვაშიძე; პროფ. ნუგზარ რურუა; პროფ. ზურაბ ბოგველიშვილი; პროფ. დავით ძოცენიძე.

EDITORIAL BOARD

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. ОТАР ГЕЛАШВИЛИ (главный редактор); Проф. АРЧИЛ ПРАНГИШВИЛИ (зам. главного редактора); Проф. Теа Барамашвили (Технический редактор); Проф. Давит Тавхелидзе; Проф. Манана Талаквადзе; Проф. Натиа Бутхузи; Проф. Гиви Голетиани; Проф. Тамаз Натриашвили; Проф. Тамаз Морчадзе; Проф. Александер Сладковски (Польша); Проф. Георг Тохтар (Украина); Проф. Михаил Бен-Хаим (Израиль); Проф. Колин Ригби (Великобритания); Проф. Гизо Фарцхаладзе; Проф. Раул Турманидзе; Проф. Ниа Натбиладзе; Проф. Гоча Читашвили; Проф. Заур Читидзе; Проф. Годердзи Ткешелашвили; Проф. Джумбер Иосебидзе; Проф. Автандил Шарвашидзе; Проф. Нугзар Руруа; Проф. Зураб Богвелишвили; Проф. Давид Дзоценидзе.

ტექნიკური რედაქტორი: პროფ. თეა ბარამაშვილი

Technical editor: Prof. Tea Baramashvili

Технический редактор: Проф. Теа Барамашвили

რედაქციის მისამართი: თბილისი, მ. კოსტავას ქ. №71, I კორპუსი, ოთახი №710

Address of the editorial office: Tbilisi, M. Kostava Str. №71, I corpus, room №710

Адрес редакции: Тбилиси, М. Костава ул. №71, I корпус, комната №710

Tel: +995 551 611 611

ჟურნალი განთავსებულია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - ცენტრალური ბიბლიოთეკა  
[http://gtu.ge/Library/transp\\_jur/](http://gtu.ge/Library/transp_jur/)
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი  
[http://gtu.ge/Stmm/Faculties/jurnali\\_transporti\\_manqanatmshenebloba.php](http://gtu.ge/Stmm/Faculties/jurnali_transporti_manqanatmshenebloba.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/qrj>

შინაარსი

**I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт**

1. საქართველოს რკინიგზის პირობებში ვაგონის დატვირთვის ამალღებით მისი მწარმოებლურობის გაზრდის შესაძლებლობათა გამოკვლევა  
გიორგი კაციტაძე ..... 5
2. ტრანსპორტის მართვის სისტემის (TMS) პროგრამული უზრუნველყოფა  
გამოწვევები ლოგისტიკურ კომპანიებში  
ნათია ბუთხუზი, თამარ შუბითიძე, ნატო მეგრელიძევილი ..... 13

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

3. ძალვისა და წნევის ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდის მათემატიკური მოდელი  
ლია ბერიძე, ბადრი ჭურჭელაური, გელა მეტრეველი ..... 18
4. ამწე-სატრანსპორტო მანქანების მუხრუჭების ამძრავის  
მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ხანგამძლეობის გაზრდის შესახებ  
სიმონ ბიწაძე, რუსუდან ბიწაძე ..... 23
5. მხაზველობითი გეომეტრიის პოზიციური ამოცანების გადაწყვეტა Autodesk  
Inventor -ის გარემოში  
კობა ილურიძე, მზია ბეგიაშვილი, ნუნუ მუმლაძე ..... 28

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

6. ჰაერის გამაცივებელი დგუშისანი მოწყობილობა  
გივი გოლეთიანი, თამაზ ისაკაძე, ზურაბ ლაზარაშვილი, გივი გუგულაშვილი,  
ვახტანგი კირთაძე ..... 34
7. მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტების როტაციული ფრეზვის  
პროცესის კვლევა  
ზაურ ჩიტაძე, იგორ გელაშვილი, ეკა სარიშვილი, მაკა ჟღენტი ..... 40
8. მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ახარატების პროცესის  
კვლევა  
ზაურ ჩიტაძე, იგორ გელაშვილი, ეკა სარიშვილი, მაკა ჟღენტი ..... 45
9. ავტორთა საყურადღებოდ ..... 49



## საქართველოს რკინიგზის პირობებში ვაგონის დატვირთვის ამაღლებით მისი მწარმოებლურობის გაზრდის შესაძლებლობათა გამოკვლევა გიორგი კაციტაძე\*

*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია სატვირთო ვაგონის სტატიკურ დატვირთვის და მის მწარმოებლურობას შორის დამოკიდებულება და გამოკვლეულია საქართველოს რკინიგზის ექსპლუატაციის პირობებში ვაგონის დატვირთვის ამაღლებით ვაგონის მწარმოებლურობის გაზრდის შესაძლებლობები. დადგენილია მასობრივი, დასაყრელი და ნაყარი ტვირთების გადაზიდვისას, ვაგონ-ბაქნებისა და ნახევარვაგონების სტატიკური დატვირთვისა და მწარმოებლურობის გაზრდის შესაბამისი პარამეტრები.

**საკვანძო სიტყვები:** სატვირთო ვაგონი, სტატიკური დატვირთვა, დინამიკური დატვირთვა, ვაგონის მწარმოებლურობა, სხვადასხვა ტვირთები, ვაგონის ტვირთამწეობა.

### შესავალი

სხვადასხვა ტიპისა და კონსტრუქციის სატვირთო ვაგონის მწარმოებლურობა შეიძლება გაიზარდოს სხვადასხვა მეთოდისა და საშუალებების გამოყენებით. ამ მეთოდებისა და საშუალებების ნაწილი ემყარება ტექნიკური პარამეტრების რაციონალიზაციასა და ოპტიმიზაციას (ვაგონის დატვირთვის ამაღლება, ცარიელი გარბენების შემცირება, მატარებლის მოძრაობის სიჩქარის გაზრდა და სხვ.), ნაწილი კი ტექნოლოგიური პროცესების გაუმჯობესებასა და სრულყოფას (ტექნოლოგიური დროების შემცირება ოპერაციების მიმდინარეობისას, მატარებლის მოძრაობის ორგანიზაციის სრულყოფა და სხვ.). ამასთან, ხშირ შემთხვევაში გასათვალისწინებელია ვაგონის გამოყენების სფეროები, გადასაზიდი ტვირთების მარშრუტების გეოგრაფია, ვაგონების რემონტისა და მოვლა-შენახვის სისტემა და სხვ.

წარმოდგენილ სტატიაში ნაჩვენებია დამოკიდებულება ვაგონის სტატიკურ დატვირთვასა და მის მწარმოებლურობას შორის, საქართველოს რკინიგზის პირობებში ვაგონის მწარმოებლურობის გაზრდის შესაძლებლობები ვაგონის დატვირთვის ამაღლებით.

### ძირითადი ნაწილი

ყველაზე მარტივი განმარტებით, ვაგონის მწარმოებლურობა არის სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს მუშა პარკის ერთი ვაგონის მიერ დღეღამის განმავლობაში გაზრდილი ტვირთის რაოდენობას და მისი განმსაზღვრელი ფორმულაა [1]:

$$\omega_{ვავ} = \frac{\sum P\ell}{\sum n_{მუშ}}, \frac{\text{ტ. კმ. ნეტო}}{\text{ვაგონი}}; \quad (1)$$

სადაც  $\sum P\ell$  არის ტვირთბრუნვა;

$\sum n_{მუშ}$  – სატვირთო ვაგონების მუშა პარკი.

ვაგონის დატვირთვაში იგულისხმება ვაგონის სტატიკური დატვირთვა, სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს მუშა პარკის ერთი ვაგონის საშუალო დატვირთვას დატვირთვის სადგურიდან გაგზავნის მომენტში. არსებობს ასევე ვაგონის დინამიკური დატვირთვა, რომელიც გვიჩვენებს მუშა პარკის ერთი ვაგონის საშუალო დატვირთვას მოძრაობის პროცესში, ანუ ტვირთის გაგზავნის სადგურიდან, ტვირთის დანიშნულების სადგურამდე. ამ სიდიდეებს გამოსახავენ ცნობილი ფორმულებით [2], სტატიკური დატვირთვა:

$$P_{სტ} = \frac{\sum P}{U_{დატ}}, \text{ტ}; \quad (2)$$

სადაც  $\sum P$  არის დატვირთვის სადგურებში ვაგონებში ჩატვირთული (გასაგზავნი) ტვირთების რაოდენობის ჯამი, ტ.

$U_{დატ}$  – დღე-ღამის განმავლობაში რკინიგზის ტერიტორიაზე დატვირთული ვაგონების რაოდენობა, ვაგონი.

დინამიკური დატვირთვა:

$$P_{დინ} = \frac{\sum P\ell}{\sum n S_{დატ}}, \text{ტ}; \quad (3)$$

სადაც  $\sum n S_{დატ}$  არის დატვირთული ვაგონის გარბენების ჯამი, ვაგ.კმ.

რომ დავამყაროთ მათემატიკურად კავშირი ვაგონის მწარმოებლობასა და სტატიკურ დატვირთვას შორის, ვიქცევით შემდეგნაირად: დინამიკურ დატვირთვას ვყოფთ სტატიკურზე და მიღებულ გამოსახულებას ვხსნით  $P_{სტ}$  სიდიდის მიმართ, ამასთან ვითვალისწინებთ, რომ  $\sum P\ell / \sum P$  სიდიდეს ეწოდება ტვირთის გადაზიდვის საშუალო სიმორე ( $\ell_{საშ}^{სიშ}$ ), ხოლო  $\sum n S_{დატ} / U_{დატ}$  სიდიდეს – დატვირთული რეისი ( $\ell_{დატ}$ ). საბოლოოდ ვღებულობთ:

$$P_{სტ} = \frac{P_{დინ} \cdot \ell_{დატ}}{\ell_{საშ}^{სიშ}}; \quad (4)$$

მიღებული (3) ფორმულა იქნებოდა მართებული, რომ არა შემდეგი გარემოება,  $\ell_{საშ}^{სიშ}$  სიდიდის განსაზღვრის დროს  $\sum P\ell$ -ში ნაგულისხმებია საექსპლუატაციო ტ. როგორც ცნობილია, რკინიგზის გადაზიდვით პროცესში ანსხვავებენ საექსპლუატაციო ( $\sum P\ell_{საექ}$ ) და სატარიფო ( $\sum P\ell_{სატ}$ ) ტ.კმ-ებს. საექსპლუატაციო ტ.კმ, ეს არის ტვირთის მიერ რეალურად გავლილი მანძილი (მემანქანის სამარშრუტო ფურცლის მიხედვით), ხოლო სატარიფო ტ.კმ კი ტვირთის კომერციული საბუთების მიხედვით (ტარიფით) დადგენილი მანძილი. რკინიგზის ძირითადი შემოსავლები ისაზღვრება სატარიფო ტ.კმ-ის მიხედვით. საექსპლუატაციო ტ.კმ ტოლია (იდეალურ შემთხვევაში) ან მეტია (უმრავლეს შემთხვევაში) სატარიფო ტ.კმ-ზე. ამ პარამეტრებს შორის დამოკიდებულებას ამყარებს ე.წ. ტარიფის მაკორექტირებელი კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია [3]:

$$\beta_{საექ} = \frac{\sum P\ell_{საექ}}{\sum P\ell_{სატ}}, \quad (5)$$

(5) ფორმულის გათვალისწინებით (4) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P_{სტ} = \frac{P_{დინ} \cdot \ell_{დატ}}{\beta_{საექ} \cdot \ell_{საშ}^{სიშ}}; \quad (6)$$

(1) ფორმულაში მოყვანილი სიდიდე  $\sum n_{\text{მუშ}}$  შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად [1]:

$$\sum n_{\text{მუშ}} = \frac{\sum n S}{S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}}}, \quad (7)$$

სადაც  $\sum n S$  არის ყველა ვაგონის გარბენების ჯამი, ვაგ.კმ;

$S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}}$  – ვაგონის საშუალო სადღეღამისო გარბენა, კმ;

თავის მხრივ

$$\sum n S = \sum n S_{\text{დატ}} + \sum n S_{\text{ცარ}} = \ell_{\text{დატ}} + \ell_{\text{ცარ}} = \ell_{\text{სრ}}; \quad (8)$$

სადაც  $\sum n S_{\text{დატ}}$ ,  $\sum n S_{\text{ცარ}}$  – შესაბამისად არის დატვირთული და ცარიელი ვაგონების ჯამი;

$\ell_{\text{დატ}}$ ,  $\ell_{\text{ცარ}}$  – ვაგონების დატვირთული და ცარიელი რეისი;

$\ell_{\text{სრ}}$  – ვაგონის სრული რეისი.

ცარიელ და დატვირთულ რეისებს შორის თანაფარდობა არის ცარიელი გარბენის კოეფიციენტი:

$$\alpha_{\text{ცარ}} = \frac{\sum n S_{\text{ცარ}}}{\sum n S_{\text{დატ}}} = \frac{\ell_{\text{ცარ}}}{\ell_{\text{დატ}}}; \quad (9)$$

(9) ფორმულის გათვალისწინებით (8) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\sum n S = \ell_{\text{სრ}} = \ell_{\text{დატ}}(1 + \alpha_{\text{ცარ}}); \quad (10)$$

მაშინ

$$\sum n_{\text{მუშ}} = \frac{\ell_{\text{დატ}}(1 + \alpha_{\text{ცარ}})}{S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}}}; \quad (11)$$

(11) ფორმულის გათვალისწინებით გვექნება:

$$\omega_{\text{ვგ}} = \frac{\sum P \ell S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}}}{\ell_{\text{დატ}}(1 + \alpha_{\text{ცარ}})} = \frac{P_{\text{დინ}} S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}}}{1 + \alpha_{\text{ცარ}}}; \quad (12)$$

სიდიდე

$$S_{\text{ვგ}}^{\text{საშ}} = \frac{\sum n S}{\vartheta} = \frac{\ell_{\text{სრ}}}{\vartheta}; \quad (13)$$

სადაც  $\vartheta$  არის ვაგონის ბრუნვა, დღე-ღამე;

(13) ფორმულის გათვალისწინებით

$$\omega_{\text{ვგ}} = \frac{P_{\text{დინ}} \sum n S}{\vartheta(1 + \alpha_{\text{ცარ}})} = \frac{P_{\text{დინ}} \ell_{\text{დატ}}}{\vartheta}; \quad (14)$$

(6) ფორმულიდან  $P_{\text{დინ}}$  იქნება:

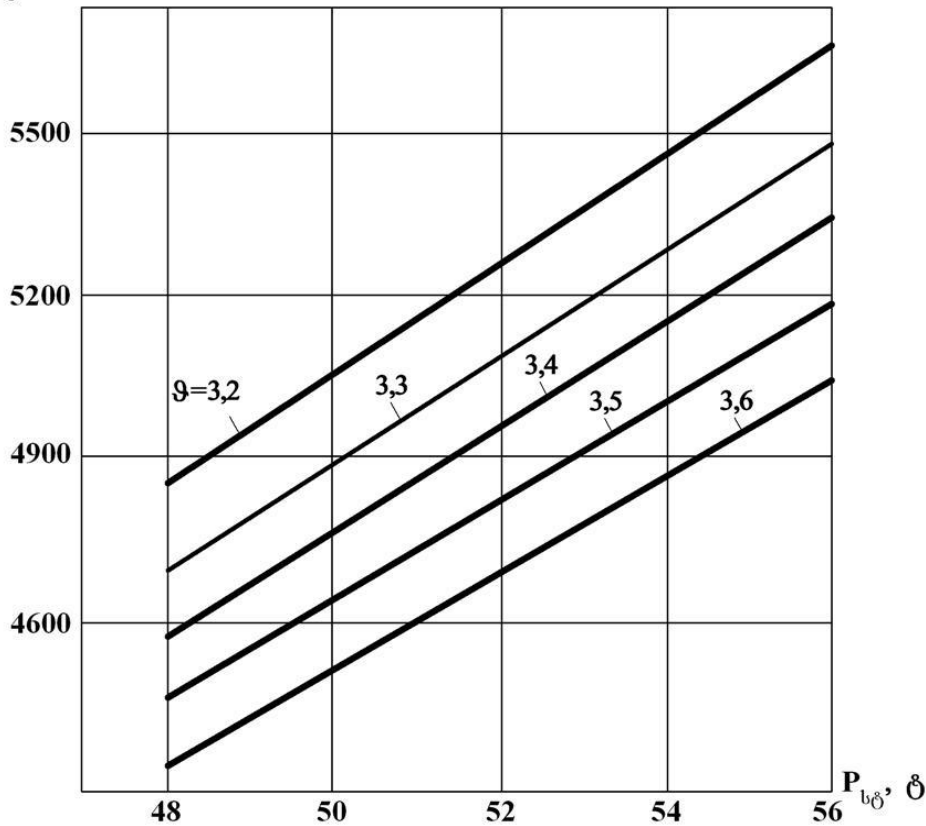
$$P_{\text{დინ}} = \frac{P_{\text{სტ}} \cdot \beta_{\text{საექ}} \cdot \ell_{\text{საშ}}^{\text{სიშ}}}{\ell_{\text{დატ}}}; \quad (15)$$

თუ (15) ფორმულის მნიშვნელობას ჩავსვავთ (14)-ში და გავითვალისწინებთ (10) ფორმულას, საბოლოოდ გვექნება:



$$\omega_{ვგ} = \frac{P_{სტ} \cdot \beta_{საქ} \cdot \ell_{საშ}^{სიშ} \cdot \ell_{დატ}}{\ell_{დატ} \cdot \vartheta} = \frac{P_{სტ} \cdot \beta_{საქ} \cdot \ell_{საშ}^{სიშ} \cdot S_{ვგ}^{საშ}}{\ell_{დატ} (1 + \alpha_{გარ})} = \frac{P_{სტ} \cdot \beta_{საქ} \cdot \ell_{საშ}^{სიშ}}{\vartheta}; \quad (16)$$

$\omega_{ვგ}$ . ტ.კმ. ნეტო



ნახ. 1. ვაგონის მწარმოებლურობასა და სტატიკურ დატვირთვას შორის დამოკიდებულება

(16) ფორმულის მიხედვით ვაგებთ ვაგონის მწარმოებლურობისა და სტატიკურ დატვირთვას შორის დამოკიდებულების გამომსახველ გრაფიკს, რომელიც მოყვანილია ნახ. 1-ზე.

(16) ფორმულაში მოყვანილი პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები მაქსიმალურად მიახლოებულია საქართველოს რკინიგზის საექსპლუატაციო მუშაობის მაჩვენებლებთან, კერძოდ,  $\beta_{საქ} = 1,25$ ,  $\ell_{საშ}^{სიშ} = 260$  კმ.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ვაგონის დატვირთვის 2 ტ-ით გაზრდა მის მწარმოებლურობას ზრდის 190-192 ტ.კმ-ით, ხოლო 1 ტ-ით კი საშუალოდ 92-95 ტ.კმ-ით. რაც შეეხება ვაგონის ბრუნვას, მისი სიდიდის ზრდასთან ერთად ვაგონის მწარმოებლურობა მცირდება; ეს არც არის გასაკვირი, რადგან პრაქტიკულადაც დადასტურებულია და მათემატიკურადაც მტკიცდება, რომ ვაგონის ბრუნვა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ვაგონის მწარმოებლურობასთან.

ზემოთ ჩვენ განვიხილეთ თუ რა არის სტატიკური დატვირთვა. ამ სიდიდეზე უშუალო გავლენას ახდენს პარამეტრი, რომელსაც ვაგონის ტვირთამწეობა ეწოდება, ანუ სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს ვაგონის მაქსიმალურად დასაშვებ (მოცემული რკინიგზის ნორმატივებით) დატვირთვას, მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის სრული უზრუნველყოფის პირობებში. საქართველოს რკინიგზის სატვირთო სავაგონო პარკის მრავალფეროვნების გამო (სხვადასხვა წლებში გამოშვებული უნივერსალური ვაგონები,

სპეციალური ვაგონების მაღალი პროცენტი და სხვ.), დღეისათვის ერთი ოთღერძიანი ვაგონის ტვირთამწეობა მერყეობს 62-65 ტ-ის ფარგლებში.

სხვადასხვა ტვირთის ფიზიკური, ქიმიური და მექანიკური მახასიათებლებიდან გამომდინარე, ვაგონის ტვირთამწეობა სხვადასხვა ხარისხით გამოიყენება. ამოცანა მდგომარეობს კონკრეტული ტვირთისთვის დატვირთვის ოპტიმალური ვარიანტის მოძებნაში, რათა ვაგონის ტვირთამწეობის გამოყენების ხარისხი იყოს მაქსიმალური.

უნდა აღინიშნოს, რომ სტატიკური დატვირთვის გადიდების უფრო მეტი შესაძლებლობა არსებობს მასობრივი, ნაყარი და დასაყრელი ტვირთების გადაზიდვის დროს. სპეციალიზებული ვაგონებით ტვირთების გადაზიდვისას, ეს შესაძლებლობა გაცილებით ნაკლებია და ფაქტიურად უეფექტო. მაგალითად, ყოვლად შეუძლებელია გაზარდო ვაგონ-ცისტერნის სტატიკური დატვირთვა ფიქსირებული ტვირთამწეობისა და მოცულობის პირობებში. იგივე ითქმის სხვა სპეციალიზებულ ვაგონებზეც (ცემენტშიდი, მარცვალშიდი, კონტეინერშიდი და სხვ.). ამიტომ, საქართველოს რკინიგზაზე სტატიკური დატვირთვის გაზრდას ვიხილავთ მასობრივი, ნაყარი და დასაყრელი ტვირთების გადამზიდ ვაგონებზე, ანუ ვაგონ-ბაქნებსა და ნახევარვაგონებზე.

ვაგონების ტვირთამწეობის გამოყენების ხარისხის დასახასიათებლად იყენებენ სიდიდეს, რომელსაც ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი ეწოდება. იგი ტოლია [4]:

$$K_{ტვ} = \frac{P_{სტ}}{P_{ტა}}, \quad (17)$$

სადაც  $P_{ტა}$  არის ვაგონის ტვირთამწეობა, ტ.

ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი, გადასაზიდი ტვირთების ნომენკლატურიდან გამომდინარე, სხვადასხვა ტიპის ვაგონებისათვის სხვადასხვა იქნება. მძიმე ტვირთების შემთხვევაში (ქვა, გრანიტი, რკინის მადანი და მსგავსნი) ეს კოეფიციენტი უახლოვდება ან უტოლდება 1-ს (ზოგჯერ 1-ზეც მეტია). სხვა შემთხვევებში მისი მნიშვნელობები სხვადასხვაა [5]. ცხრილ 1-ში მოყვანილია საქართველოს რკინიგზის სადგურებში მასობრივი, ნაყარი და დასაყრელი ტვირთების დატვირთვის მოცულობა, გადამზიდი ვაგონის ტიპების, ტვირთების სახეობებისა და ტვირთამწეობის კოეფიციენტების ჩვენებით.

(17) ფორმულა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

$$P_{სტ} = K_{ტვ} P_{ტა} \quad (18)$$

სადაც  $P_{ტა}$ -ს ბაქნისათვის ვღებულობთ 62 ტ-ს, ხოლო ნახევარვაგონებისათვის – 65 ტ-ს, რადგანაც საქართველოს რკინიგზის სატვირთო სავაგონო პარკში ყველაზე გავრცელებული მახასიათებლებია ამ ტიპის ვაგონებისათვის.

**ცხრილი 1**

**საქართველოს რკინიგზის სადგურებში ვაგონ-ბაქნებითა და ნახევარვაგონებით გადასაზიდი მასობრივი, დასაყრელი და ნაყარი ტვირთების წლიური მოცულობა**

№	დატვირთვის სადგურები	გადასაზიდი ტვირთის მოცულობა, ტ	ტვირთის სახეობა	გადამზიდი ვაგონის ტიპი	ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი, $K_{ტვ}$
1	2	3	4	5	6
1	აგარა	4745	ღორღი	ბაქანი	0,72
2	გაჩიანი	5017	აგურის ნედლეული, მანგანუმი	ნ/ვაგონი	0,75

ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №2 (57) 2023წ.

3	დედოფლის წყარო	572189	კირქვა	ნ/ვაგონი	0,82
4	ველი	1549	ბლოკი, ღორღი	ბაქანი	0,73
5	ზესტაფონი	182544	ფეროსილიკომანგანუმი	ნ/ვაგონი	0,96
6	ზუგდიდი	437	ბლოკი, სამშენებლო მასალა	ბაქანი	0,75
7	თბილისი საკვანძო	18454	სამშენებლო ნაკრები	ბაქანი	0,71
8	კაზრეთი	15910	რკინის მადანი	ნ/ვაგონი	0,98
9	მარნეული	7000 7240	ღორღი ღორღი	ნ/ვაგონი ბაქანი	0,72 0,72
10	რუსთავი	440769	ამონიუმის მარილები, ჯართი, სილიკომანგანუმი	ნ/ვაგონი	0,79
11	საჩხერე	23422	კვარცის ქვიშა	ნ/ვაგონი	0,67
12	ტყიბული	1440	ქვანახშირი	ნ/ვაგონი	0,80
13	ცხრა ძმა	9552 26032	ღორღი სხვადასხვა სამშენებლო ტვირთი	ნ/ვაგონი	0,72 0,70
14	ჭიათურა	475224	ფეროსილიკო მანგანუმი	ნ/ვაგონი	0,96
15	ხაშური	740	მადანი	ნ/ვაგონი	0,98

ყოველივე ზემოთ თქმულის გათვალისწინებითა და ცხრილ 1-ზე დაყრდნობით, სტატისტიკური დატვირთვის საშუალო მნიშვნელობა ვაგონ-ბაქნებისა და ნახევარვაგონებისათვის, მოცემულ ეტაპზე საქართველოს რკინიგზის არსებული დატვირთვის პირობებში იქნება:

$$\begin{aligned}
 P_{სტ} &= \frac{4745 \cdot 62 \cdot 0,72 + 5017 \cdot 65 \cdot 0,75 + 572189 \cdot 65 \cdot 0,82 +}{4745 + 5017 + 572189 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+1549 \cdot 62 \cdot 0,73 + 182544 \cdot 65 \cdot 0,96 + 437 \cdot 62 \cdot 0,75 +}{+1549 + 182544 + 437 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+18454 \cdot 62 \cdot 0,71 + 15910 \cdot 65 \cdot 0,98 + (7000 \cdot 65 \cdot 0,72 + 7240 \cdot 62 \cdot 0,72) +}{+18454 + 15910 + 7000 + 7240 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+440769 \cdot 65 \cdot 0,79 + 23422 \cdot 65 \cdot 0,67 +}{+44079 + 23422 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+1440 \cdot 65 \cdot 0,8 + (9552 \cdot 65 \cdot 0,72 + 26032 \cdot 62 \cdot 0,70) +}{+1440 + 9552 + 26032 +} \rightarrow \\
 &\rightarrow \frac{+475224 \cdot 65 \cdot 0,96 + 740 \cdot 65 \cdot 0,98}{+465224 + 740} = \frac{99918183,02}{1792264} = 55,75 \text{ ტ.}
 \end{aligned}$$

დადგენილია, რომ ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით, როგორცაა სხვადასხვა სახის შემამჭიდროებლები, ვიბრატორები, დამტკეპნები და მსგავსი მოწყობილობები, შესაძლებელია ვაგონ-ბაქნის ტვირთამწეობის გაზრდა მინიმუმ 1,5 ტ-ით, ხოლო ნახევარვაგონებისა – 1,5-3,5 ტ-მდე [6]. ჩვენი პირობებისათვის ვაგონ-ბაქნებით გადაზიდული ტვირთები არაერთგვაროვანია (ბლოკი, ღორღი, სამშენებლო ნედლეული). მათი კუთრი წონა სხვადასხვაა, შესაბამისად სხვადასხვაა ამ ტვირთების მარცვლოვანი

შემადგენლობა და ნატეხობა, დაყრის სიმჭიდროვე, ტვირთის ბუნებრივი დახრის კუთხე, ფორიანობა და სხვ. ჩვენ არ ვიხილავთ ვაგონ-ბაქნის ტვირთამწეობის გაზრდას ტექნიკური საშუალებების დახმარებით, მხედველობაში გვაქვს მხოლოდ რაციონალური დატვირთვა დატვირთვის გაბარიტის მოხაზულობასთან მაქსიმალური მიახლოებით. ამ პირობებში რეალობასთან მაქსიმალურად მიახლოებული გათვლებით, ვაგონ-ბაქნის ტვირთამწეობა შეიძლება საშუალოდ გაიზარდოს 1,2 ტ-ით, ანუ 1,93%-ით. იგივე მოსაზრებითა და ანალოგიური გაანგარიშებით ერთი ნახევარვაგონის ტვირთამწეობა გაიზარდება 1,9 ტ-ით, ანუ 2,923%-ით.

მაშასადამე ერთი ბაქნის ტვირთამწეობა გაიზარდა 1,0193-ჯერ, ხოლო ნახევარვაგონისა – 1,02923-ჯერ. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გაზრდილი ტვირთამწეობის პირობებში ვაგონის საშუალო სტატიკური დატვირთვა იქნება:

$$P'_{სტ} = \frac{(4745 \cdot 0,72 + 1549 \cdot 0,73 + 437 \cdot 0,75 + 18454 \cdot 0,71 + \rightarrow}{4745 + 1549 + 437 + 18454 + \rightarrow} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{+7240 \cdot 0,72 + 26023 \cdot 0,70) \cdot 62 \cdot 1,0193 + (5017 \cdot 0,75 + \rightarrow}{+7240 + 26032 + 5017 + \rightarrow} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{+572189 \cdot 0,82 + 182544 \cdot 0,96 + 15910 \cdot 0,98 + 7000 \cdot 0,72 + \rightarrow}{+572189 + 182544 + 15910 + 7000 + \rightarrow} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{+440769 \cdot 60,79 + 23422 \cdot 0,67 + 1440 \cdot 0,80 + 9552 \cdot 0,72 + \rightarrow}{+44079 + 23422 + 1440 + 9552 + \rightarrow} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{+475224 \cdot 0,96 + 740 \cdot 0,98) \cdot 65 \cdot 1,02923}{475224 + 740} =$$

$$= \frac{2403073 + 100196168,84}{1792264} = \frac{102599242,53}{1792264} = 57,25 \text{ ტ.}$$

ჩატარებული გაანგარიშებების ფონზე შეიძლება აღინიშნოს, რომ დღეისათვის საქართველოს რკინიგზაზე, ტექნიკური საშუალებების ჩაურევლად (დასაყრელი და ნაყარი ტვირთების შემამჭიდროებლები, ვიბრატორები, დამტკეპნები) შესაძლებელია ვაგონის (ვაგონ-ბაქანი, ნახევარვაგონი) სტატიკური დატვირთვა გაიზარდოს

$$\Delta P_{სტ} = P'_{სტ} - P_{სტ} = 57,25 - 55,75 = 1,50 \text{ ტ-ით.}$$

ვაგონის მწარმოებლურობა არსებული სტატიკური დატვირთვის პირობებში იქნება:

$$\omega_{ვგ} = \frac{P_{სტ} \cdot \beta_{სავე} \cdot \rho_{საშ}^{სიშ}}{\rho} = \frac{55,75 \cdot 1,25 \cdot 319,56}{5,41} = \frac{22269,34}{5,41} = 4116,33 \text{ ტ.კმ.ნეტო}$$

გაზრდილი სტატიკური დატვირთვის პირობებში ვაგონის მწარმოებლურობა იქნება:

$$\omega'_{ვგ} = \frac{57,25 \cdot 1,25 \cdot 319,56}{5,41} = \frac{22868,51}{5,41} = 4227,08 \text{ ტ.კმ.ნეტო}$$

ვაგონის მწარმოებლურობის ნაზრდი იქნება:

$$\Delta \omega_{ვგ} = \omega'_{ვგ} - \omega_{ვგ} = 4227,08 - 4116,33 = 110,75 \text{ ტ.კმ.ნეტო.}$$

### დასკვნა

როგორც ჩატარებულმა ანალიზმა და გაანგარიშებებმა გვიჩვენა:

- ვაგონის მწარმოებლურობა პირდაპროპორციულ კავშირშია ვაგონის სტატიკურ დატვირთვასთან და უკუპროპორციულ კავშირშია ვაგონის ბრუნვასთან;
- ვაგონის სტატიკური დატვირთვის გაზრდა 1 ტ-ით, იწვევს ვაგონის მწარმოებლურობის გაზრდას დაახლოებით 100 ტ.კმ.ნეტოთი;

- საქართველოს რკინიგზის პირობებში, სატვირთო სავაგონო მუშა პარკის პროცენტული შემადგენლობის, გადასაზიდი ტვირთების სახეობისა და ხასიათის, ასევე ვაგონის ტიპებისაგან დამოკიდებულებით, ვაგონის სტატიკური დატვირთვის გადიდების მაღალი ალბათობა ტექნიკური საშუალებების გამოუყენებლად (შემამჭიდროებლები, ვიბრატორები, დამტკეპნები და სხვ.) მოდის მასობრივი, დასაყრელი და ნაყარი ტვირთების გადამზიდ უნივერსალურ ვაგონებზე, ანუ ვაგონ-ბაქნებსა და ნახევარვაგონებზე;
- მოცემულ ეტაპზე, სათანადო გაანგარიშებებითა და საქართველოს რკინიგზის საექსპლუატაციო მუშაობის რეალურ მაჩვენებლებზე დაყრდნობით, დადგინდა, რომ ვაგონის სტატიკური დატვირთვა ვაგონ-ბაქნებისა და ნახევარვაგონებისათვის შესაძლებელია გაიზარდოს 1,5 ტ-ით, რაც იწვევს ვაგონის მწარმოებლურობის გაზრდას დაახლოებით 110 ერთეულით.

### **გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა**

1. პ. ქენქაძე - სარკინიგზო ტრანსპორტი, თბილისი, 2001წ., 155 გვ.;
2. ლ. ვარდოსანიძე - რკინიგზის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, თბილისი, „განათლება“, 1994წ., 237 გვ.;
3. Повороженко В.В., Орлова Н.А. - Повышение производительности грузового вагона, М. «Транспорт», 1979г., 215 с.;
4. ა. შარვაშიძე, დ. გოგიშვილი - ვაგონების კონსტრუირება და გაანგარიშება (სალექციო კურსი), თბილისი, 2018წ., 176 გვ.;
5. Дерибас А.Т., Повороженко В.В., Смехов А.А. - Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте, М. «Транспорт», 1990г., 328 с.;
6. Перепон В.Н., Поликарпочкин П.В. - Грузовая и коммерческая работа (организация и управление), М. «Транспорт», 1986г., 351 с.

### **Study of the possibilities of increasing the productivity of the car by increasing the loading of the car in the conditions of the Georgian Railway**

**Giorgi Katsitadze**

#### **Abstract**

The article discusses the relationship between the static load of a freight car and its performance and identified in the operating conditions of the Georgian Railway, the possibility of increasing the performance of the car with an increase in its load. The corresponding parameters for increasing the static load and the performance of the car were established under the conditions of transportation of bulk, bulk and bulk cargo.

### **Исследование возможностей повышения производительности вагона за счет увеличения загрузки вагона в условиях Грузинской железной дороги**

**Георгий Кацитадзе**

#### **Резюме**

В статье рассматривается зависимость между статической нагрузкой грузового вагона и его производительностью и выявлены в условиях эксплуатации Грузинской железной дороги, возможности увелечения производительности вагона с повышением его нагрузкой. Установлены в условиях перевозки массовых, навалоченных и насыпных грузов, соответствующие параметры повышения статической нагрузки и производительности вагона.

# ტრანსპორტის მართვის სისტემის (TMS) პროგრამული უზრუნველყოფა გამოწვევები ლოგისტიკურ კომპანიებში

ნათია ბუთხუზი\*, თამარ შუბითიძე\*\*, ნატო მეგრელიშვილი\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*აკადემიური დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*მაგისტრანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ის პრობლემები და გამოწვევები, რომლებიც დგას სატრანსპორტო ლოგისტიკურ კომპანიების ეფექტურად მართვის პროცესში. ტვირთის გადაზიდვის საშუალებები მუდმივად განვითარებადი დინამიკით ხასიათდება, რაც პირველ რიგში უფრო სწრაფ და საიმედო სერვისებს გულისხმობს. გლობალურ სატრანსპორტო ინდუსტრიაში ტვირთის გადასაზიდად ინტერმოდალური ოპერაციები სულ უფრო მეტად გამოიყენება, რაც ხაზს უსვამს ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობების დამაკავშირებელი ინფრასტრუქტურის მნიშვნელობას, განსაკუთრებით, საზღვაო ნავსადგურებსა და ლოგისტიკურ ცენტრებში. სტატიაში დასაბუთებულია ტრანსპორტის მართვის სისტემის (TMS) პროგრამული დანერგვის აუცილებლობა და გამოწვევები, რასაც უნდა პასუხობდეს ლოგისტიკური კომპანია.

**საკვანძო სიტყვები:** ინტერმოდალური გადაზიდვები, ინფრასტრუქტურა, ლოგისტიკა, მულტიმოდალური გადაზიდვები, სატრანსპორტო სისტემა, ტრანსპორტი.

## შესავალი

საქართველოში ლოგისტიკის დარგის წინაშე არსებული ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევაა თანამედროვე ინფრასტრუქტურის განვითარება და საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დანერგვა. მსოფლიო ახალი გამოწვევების წინაშე დგას, რომელიც ციფრული ტექნოლოგიით გამოიხატება. არსებული სიტუაცია გვაიძულებს უფრო მეტი კომპანია ჩაერთოს ციფრულ ტექნოლოგიებში, რათა ბიზნეს ბაზარი უფრო მეტად გახდეს მომხმარებელზე ორიენტირებული. უწყვეტი სატრანსპორტო სისტემის უზრუნველყოფა მნიშვნელოვანია არა მარტო ტრანსპორტის თითოეული სახეობის ეფექტური სატრანსპორტო სისტემის შექმნაში, არამედ ისიც თუ ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობა როგორ ურთიერთმოქმედებამია ერთმანეთთან. აღნიშნული ტენდენცია კი, ტვირთების კონტეინერიზაციის შესაძლებლობამ განაპირობა.

ლოგისტიკური დანახარჯები ქართული კომპანიების მთლიანი შემოსავლების საშუალოდ 15-20%-ს შეადგენს, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება საერთაშორისო პრაქტიკაში არსებულ ნიშნულს. მაგალითად, ევროკავშირის ქვეყნებში სამომხმარებლო საქონლის წარმოების საშუალო ლოგისტიკური ხარჯები მიღებული შემოსავლების 5%-ს შეადგენს, საავტომობილო მრეწველობაში - 4%-ს, ხოლო ელექტროაპარატურის წარმოებაში - 6%-ს. გადაზიდვების და დისტრიბუციის გაზრდილ ხარჯებს საქართველოში განაპირობებს კონსოლიდაციისა და დეკონსოლიდაციის ოპერაციების დეფიციტი, ლოგისტიკური აქტივების დაბალი მწარმოებლობა და მოძრავი შემადგენლობების არაეფექტიანი გამოყენება, რაც მიწოდების ჯაჭვის მართვის არადამაკმაყოფილებელი პრაქტიკის შედეგია. მიწოდების ჯაჭვის მართვა ეფექტური მართვა კომპანიების კონკურენტული უპირატესობის უზრუნველყოფის მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ლოგისტიკური სისტემის არასტაბილურობას და მაღალ ლოგისტიკურ ხარჯებს თან

ერთვის კოორდინაციის ნაკლებობა შეკვეთის დამუშავების, მარაგების მართვის, დასაწყობება-განაწილების კუთხით, აუცილებლად აღსანიშნავია სათანადო ადამიანური რესურსის მომზადების დაბალი დონე.

### ძირითადი ნაწილი

საქართველო აახლებს და აფართოებს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურას, რაც მოიცავს ეროვნული ჩქაროსნული ავტომაგისტრალის მზარდ სისტემას, ახალ სარკინიგზო მარშრუტებს, საერთაშორისო აეროპორტებს და გაფართოებულ საზღვაო ნავსადგურებს თუ ტერმინალებს. გატარებული ინფრასტრუქტურული რეფორმების შედეგად, ქვეყანაში რთულად განვითარდა ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის სექტორი.

სატრანსპორტო და ლოგისტიკური სისტემები ქმნიან ეკონომიკური და სოციალური განვითარების შესაძლებლობებს და სარგებელს, რომელთაც მივყავართ ისეთ დადებით ეფექტებთან, როგორცაა ვაჭრობის, განათლების, დასაქმების და დამატებითი ინვესტიციების ხელმისაწვდომობის ზრდა. ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის სფერო საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს, სადაც სატრანსპორტო მომსახურების და უსაფრთხოების დონის ამაღლება უაღრესად მნიშვნელოვანია ფაქტორია.

ტრანსპორტის მართვის სისტემის (TMS) პროგრამული უზრუნველყოფის საცდელი ვერსია გაიშვა 1970-იანი წლების ბოლოს და 1980-იანი წლების დასაწყისში. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ყოველივე ამას ხელი შეუწყო ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ მსოფლიოში. თავდაპირველად TMS პროგრამული უზრუნველყოფა ძირითადად ორიენტირებული იყო ხელით პროცესების ავტომატიზაციაზე, როგორცაა დატვირთვის დაგეგმვა, გადამზიდვის შერჩევა და გადაზიდვის თვალყურის დევნება. ეს სისტემები შექმნილი იყო საოპერაციო ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად ტრანსპორტირებასთან დაკავშირებული ამოცანების გასამარტივებლად. დროთა განმავლობაში, TMS პროგრამული უზრუნველყოფა განვითარდა და მოიცა ისეთ ფუნქციები, როგორცაა მარშრუტის ოპტიმიზაცია, ტვირთის აუდიტი და ფინანსური მხარე, ხილვადობა სატრანსპორტო მონაცემებში, ანალიტიკა და ინტეგრაციის შესაძლებლობები სხვა საწარმოო სისტემებთან. პირველი TMS პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავების შემდეგ, აუცილებელი გახდა პროგრამული უზრუნველყოფის პროვაიდერების მომრავლება, რომლებიც ემსახურებიან სხვადასხვა ტიპის ბიზნესებსა თუ ინდუსტრიებს. ტექნოლოგიის მუდმივი წინსვლა აგრძელებს ინოვაციების განვითარებას TMS სივრცეში, რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს გააუმჯობესონ სატრანსპორტო პროცესები და გააძლიერონ მიწოდების ჯაჭვის მთლიანი ეფექტურობა.

საქართველოში ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებას მასობრივი ხასიათი არ აქვს ლოგისტიკურს სფეროში. სულ რამოდენიმე კომპანიას თუ ჩამოვთვლით, რომელიც იმართება თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, როგორცაა TMC (ტრანსპორტის მართვის სისტემა) და CRM (კლიენტთა ურთერთობის მართვის მოდელი). გადამზიდავი კომპანიები სარგებლობენ იმ უპირატესობით, რომ მათ სატრანსპორტო საშუალებებს აქვთ GPRS სისტემა, რითაც აკონტროლებენ ტრაექტორიას. თუმცა, ეს არ არის საკმარისი კომპანიის მხრიდან სრულყოფილად მართვისთვის. ხშირ შემთხვევაში ლოგისტიკის მენეჯერს არ აქვს მიღებული საჭირო დოკუმენტაცია, არ იცის ტვირთის სტატუსი და არ აქვს ინფორმაცია, რაც თან ახლავს თითოეული სახის ტვირთის გადაზიდვის პროცესს. ყოველივე ეს კი ხელს უშლის სამუშაო პროცესის ეფექტურად მართვას და მომხმარებლის მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებას. ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, მიღებული ინფორმაცია არასრულყოფილია პროცესის შემსრულებლისგან, რაც ხელს უწყობს შიდა გაუგებრობას. ინფორმაციის დაზუსტება და გარკვევა იწვევს უფრო მეტი სამუშაო დროის დაკარგვას, რის გამოც იკარგება თანამშრომლების პროდუქტიულობა. შესაბამისად ფუჭად

დაკარგული დრო და რესურსი აისახება კომპანიის მოგებაზე/წარმატებაზე. სატრანსპორტო კომპანიებში პროგორამული უზრუნველყოფის დანერგვა ხელს შეუწყობს გადაწყვიტოს მრავალი ამოცანა წარმატებით.

**პირველი** - გაუმჯობესებული წვდომა ინფორმაციაზე, რომელიც გროვდება და ხელმისაწვდომი ხდება ყველა მონაწილესთვის რომელიც ამ პროცესშია ჩართული. მათ საშუალება ეძლევათ შეამოწმონ სტატუსი, საწყობის აქტივობა, პროდუქტის მოძრაობა.

**მეორე** - სწრაფი გადაწყვეტილების შესაძლებლობა. თანამედროვე ტექნოლოგიები აადვილებს მიწოდების ჯაჭვის მონაცემების შეფასებას, ინფორმაციის მიღებას როგორცაა მომხმარებელთა მოთხოვნა, ტრანსპორტირება/საწყობის შეზღუდვები და მომწოდებლის მომსახურების ვადები, რომლებსაც აქვთ პირდაპირი და არაპირდაპირი გავლენა მიწოდების ჯაჭვის მთლიან მუშაობაზე და ეხმარება ადამიანებს გადაწყვეტილების სწრაფად მიღებაში.

**მესამე** - გაათმაგებული სისწრაფე - ციფრული ტექნოლოგია ლოგისტიკურ ჯაჭვში აჩქარებს პროცესებს, რაც ყველა სხვა დადებით ფაქტორთან ერთად უფრო ადვილებს პრობლემების/ხარვეზების მოგვარებას. ერთი ფანჯრის პრინციპით შესაძლებელია ახლი გადაწყვეტილებების მიღება.

**მეოთხე** - გამარტივებული თანამშრომლობა - პროცესი, რომელშიც ორი ან მეტი ინდივიდი ან ორგანიზაცია მუშაობს ერთობლივად, საერთო მიზნის მისაღწევად. ტექნოლოგიური სისტემების გაუმჯობესებით შესაძლებელი ხდება ინდივიდუალური თანამშრომლების ასევე დეპარტამენტების შორის ინფორმაციული ნაკადის თანამივდევრულად გაცვლის პროცესი. ნებისმიერი კომპანიისთვის თანამშრომლობა გადაწყვეტია და ძალიან დიდ გავლენას ახდენს კომპანიის ეფექტურად მართვის პროცესზე. საქმიან მოლაპარაკებებს სჭირდება სისწრაფე და რეაქტიულობა, რაც მხოლოდ ტექნოლოგიური არხების საშუალებით არის შესაძლებელი.

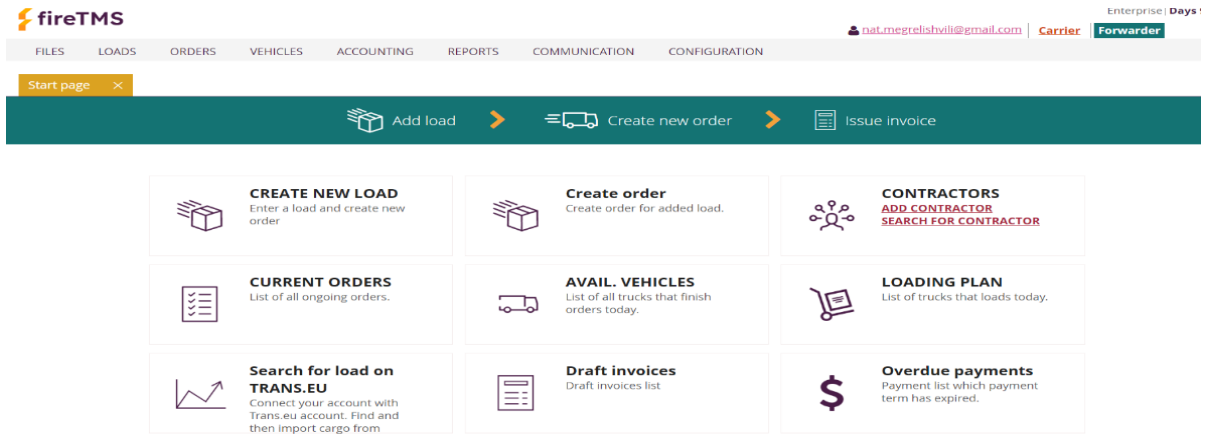
**მეხუთე** - გაუმჯობესებული მომხმარებელთა ლოიალურობა - მიწოდების ჯაჭვის ტექნოლოგიური გაუმჯობესება პირდაპირ აისახება მომხმარებლის კმაყოფილებაზე. ისინი ყოველთვის ახერხებენ თვალი ადევნონ მათ ტვირთს ნებისმიერ დროს.

საქართველოს გლობალური ღირებულების ჯაჭვში წარმატებით ინტეგრაციის და ტრანზიტული ტვირთებიდან შემოსავლების გაზრდის უზრუნველსაყოფად ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია სატრანსპორტო საშუალების ავტომატიზებული სისტემების დანერგვა, რომლის შემდგომ ლოგისტიკურ ცენტრებში განვიტარდება შემდეგი მიმართულებები:

- ინფრასტრუქტურული ხარვეზების შემცირება, რაც საჭიროა საერთაშორისო სავაჭრო ბრუნვის გასაზრდელად;
- ქვეყანაში იმპორტის, ექსპორტის, ტრანზიტისა და შიდა ლოგისტიკის პრობლემების გადაჭრის ალტერნატიული გზების შეთავაზება;
- სინერგიის უზრუნველყოფა გადამზიდავებსა და ტვირთმფლობელებს შორის, რომლებიც იზოლირებულნი არიან სივრცითი და ფიზიკური წვდომის თვალსაზრისით.
- ინტერმოდალური ოპერაციების უზრუნველყოფა და ა.შ.

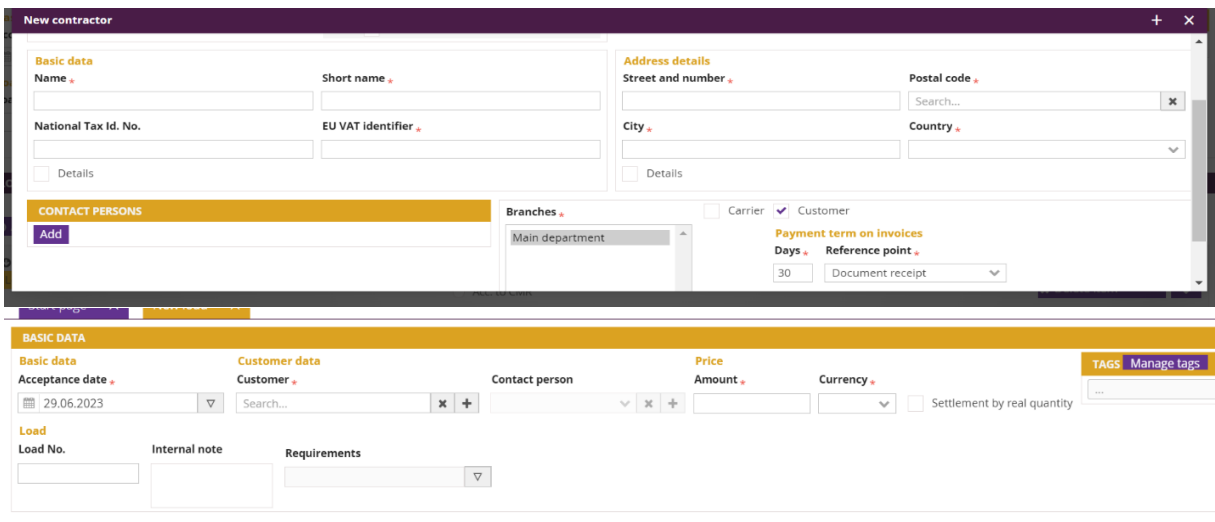
ვიწყებთ პროგრამის მართვას. ტრანსპორტის მართვის სისტემა (TMS) ასე გამოიყურება:





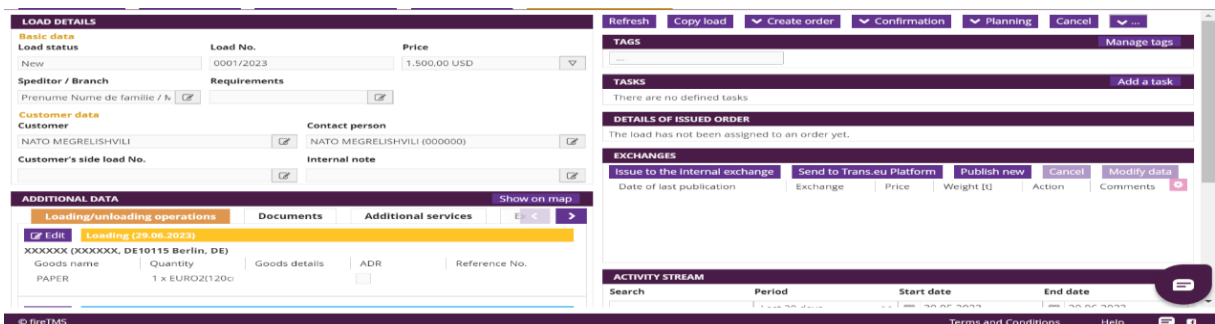
წყარო: <https://firetms.com/>

**I ეტაპი:** ვირჩევთ Create new loading - შევქმნათ ახალი დატვირთვა. საწყის ეტაპზე შეგვყავს კლიენტის მონაცემები და შემდეგ გადავდივართ უშუალოდ ტვირთის მონაცემებზე. ვათავსებთ დეტალურად დატვირთვის და დაცლის პუნქტების შესახებ ინფორმაციას, ტვირთის აღწერილობა, ზომა, წონა. ყველაფერი ის რაც ვიცით ტვირთის შესახებ.



**II ეტაპი:** ვამატებთ კონტრაქტორის მონაცემებს, რომელიც უშუალოდ დატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციებში იღებს მონაწილეობა.

**III ეტაპი:** ვინახავთ არსებულ ინფორმაციას და გადავდივართ დოკუმენტების მოძიების ნაწილზე, სისტემა გვამღევს საშუალებას ავტომატურად გავუგზავნოთ შეკვეთის ფორმა, როგორც კონტრაქტორს ასევე კლიენტს.



ჩვენი შეკვეთა უკვე დარეგისტრირებულია, ეტაპობრივად შეგვიძლია ვცალოთ ინფორმაცია სტატუსის შესახებ და ავტომატურად (ელექტრონულად) მივაწოდოთ მომხმარებელს.

### დასკვნა

დასკვნა წარმოდგენილ ტრანსპორტის მართვის სისტემა (TMS)-ის დანერგვა ლოგისტიკურ კომპანიებში შინიშენელოვნად გაზრდის მართვის ეფექტურობას და მინიმუმამდე დაიყვანს დროს რომელიც თითოეული საოპერაციო მენეჯერს სჭირდება თითოეული გადაზიდვის დასაორგანიზებლად. შესაბამისად გაიზრდება თანამშრომლების პროდუქტიულობა რაც პირდაპირპროპორციულად ასახება კომპანიის შემოსავალზე. სწორად დაგეგმილი და დეტალურად გაწერილი გადაზიდვის მარშრუტი აგვაცილებს დანახარჯებს როგორც დროის ასევე ფინანსური კუთხით. სწორედ დანერგილი პროგრამული უზრუნველყოფა გვაძლევს იმის გარანტიას შევასწრულოთ ლოგისტიკის ძირითადი არსი მივაწოდოთ მომხმარებელს პროდუქტი მცირე დროში ნაკლები დანახარჯებით.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. <https://www.oracle.com/au/scm/logistics/transportation-management/what-is-transportation-management-system/> (გადამოწმებული 15.06.23 წ).
2. <https://resources.coyote.com/source/what-is-a-tms> (გადამოწმებული 15.06.23 წ).
3. [file:///C:/Users/User/Desktop/Magnus\\_Reasons%20to%20Invest%20in%20a%20TMS%20e-book.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/Magnus_Reasons%20to%20Invest%20in%20a%20TMS%20e-book.pdf) (გადამოწმებული 15.06.23 წ).
4. [https://www.forbeswoman.ge/post/digital\\_talent\\_gap](https://www.forbeswoman.ge/post/digital_talent_gap) (გადამოწმებული 15.06.23 წ).

### **Software of Transportation Management System (TMS) Challenges in logistics companies**

**Natia Butkhuzi, Tamar Shubitidze, Nato Megrelishvili**

#### **Abstract**

The article deals with the problems and challenges in the process of effective management of transport and logistics companies. Freight transport means are characterized by constantly evolving dynamics, which primarily means faster and more reliable service. In the global transport industry, intermodal operations are increasingly used to transport goods, highlighting the importance of infrastructure connecting different modes of transport, especially in seaports and logistics centers. The article substantiates the need for software implementation of the transport management system (TMS) and the challenges that a logistics company must answer.

### **Программное обеспечение системы управления транспортом (TMS) Проблемы в логистических компаниях**

**Натиа Бутхузи, Тамар Шубитидзе, Нато Мегрелишвили**

#### **Резюме**

В статье рассматриваются проблемы и задачи, стоящие в процессе эффективного управления транспортно-логистическими компаниями. Средства грузоперевозок характеризуются постоянно развивающейся динамикой, что в первую очередь означает более быстрое и надежное обслуживание. В мировой транспортной отрасли для перевозки грузов все чаще используются интермодальные операции, что подчеркивает важность инфраструктуры, соединяющей разные виды транспорта, особенно в морских портах и логистических центрах. В статье обоснована необходимость программной реализации системы управления транспортом (TMS) и вызовы, на которые должна ответить логистическая компания.

## ძალვისა და წნევის ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდის მათემატიკური მოდელი

ლია ბერიძე\*, ბადრი ჭურჭელაური\*\*, გელა მეტრეველი\*\*

\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

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

**რეზიუმე:** დამუშავებულია მაღალი დაწნევის კამერაში მიკროაფეთქებით მიღებული წნევის და ძალვის საკონტროლო ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდის სქემა და ექსპერიმენტული დანადგარი. იგი საშუალებას იძლევა დადგინდეს დახურულ კამერაში შექმნილი წნევის პარამეტრები. განხორციელდეს მანქანა-დანადგარში მიმდინარე მუშა პროცესის მართვა და კონტროლი. წარმოდგენილი საკონტროლო სისტემა საშუალებას იძლევა გაზომვები ჩატარდეს მაღალი სიზუსტით დიდი წნევის დიაპაზონში. დამუშავებულია ძალვისა და წნევის ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდის მათემატიკური მოდელი.

**საკვანძო სიტყვები:** ლაზერი, ოპტიკური ბოჭკო, მემბრანა, ბრტყელ-ჩაზნექილი სარკე, დამუშავებულია ძალვისა და წნევის მოდელი, მილისა, სინათლის გამყოფი, პროცესორი, ინფორმაციის ამსახველი ბლოკი, ფოტომიმდები.

### შესავალი

ლაზერული მიკროაფეთქებით მომუშავე მანქანა-დანადგარებში იმპულსური ძალოვანი ველი ერთ-ერთ პერსპექტიულ სასარგებლო მუშაობის წყაროდ არის მიჩნეული. ძალოვანი იმპულსური მოქმედება წარმოებს ლაზერული მიკროაფეთქებით, მუშა სხეულად გამოიყენება სითხე, სადაც ძალოვანი ველის პარამეტრების გაზომვა წარმოადგენს ჯერჯერობით გადაუწყვეტელ ამოცანას, რადგან ამ შემთხვევაში აფეთქების კერაში ზუსტი გაზომვების ჩატარება გართულებულია.

### ძირითადი ნაწილი

ჩვენს მიერ წარმოადგენილია ძალვის ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდი, რომლის პრინციპიალური სქემა და საერთო ხედი მოცემულია ნახ. 1-ზე. იგი შედგება მემბრანისაგან 1, სილიკონური რეზინისაგან 2, ბრტყელჩაზნექილი სარკისაგან 3, რომელიც დამაგრებულია სხივის გავრცელების მიმართულებით სილიკონურ რეზინზე 2, ბოჭკოვან-ოპტიკური შუქსატარისაგან 4, 5, მილისისაგან 6, სინათლის წყაროსაგან 7, სინათლის გამყოფისა 8 და ფოტომიმდებისაგან 9, ლინზისაგან 10, პროცესორისა 11 და ინფორმაციის ამსახველი ბლოკისაგან 12.

გადამწოდი მუშაობს შემდეგნაირად: სინათლის წყაროს 6 გამოსხივება ბოჭკოვან-ოპტიკური შუქსატარის 4 საშუალებით ხვდება ბრტყელჩაზნექილ სარკეზე 3, საიდანაც აირეკლება, ამ შემთხვევაში ხორციელდება ორმხრივი ოპტიკური კავშირი, ამიტომ

არეკლილი სხივი იგივე გზით მიეწოდება ფოტომიმდებს 9, როდესაც მემბრანა არადეფორმირებულ მდგომარეობაშია, სარკიდან არეკლილი სხივის ინტენსივობა მინიმალურია, ხოლო როდესაც მემბრანა 1 დეფორმირებულ მდგომარეობაშია, სარკე 3 გადაადგილდება. ე.ი. ადგილი აქვს ოპტიკური მანძილის ცვლილებას. ეს კი იწვევს არეკლილი სხივის ინტენსივობის გაზრდას.

წარმოდგენილ გადამწოდში გამოყენებული ბოჭკოვან-ოპტიკური შუქსატარისათვის (ნახ. 1) სინათლის გამტარობა დამოკიდებულია გარსაცმის გარდატეხის მაჩვენებელზე ( $n_2$ ). ამ შემთხვევისათვის ოპტიკური გამოსხივების მოდელად შეიძლება მიღებული იქნას შემდეგი

$$I_{\text{გამ}}(n_3) = 0,5S_{\text{ს}} \sum_{K=K_{\text{მომ}}}^{K=K_{\text{მკვ}}} \int_{\arctg(L-l_{\text{გამ}}/2Kd_{\text{გ}})}^{\arctg(L/2Kd_{\text{გ}})} \times \\ \times \left[ R_{\perp n}^K(\theta_1, n_2)(1-R_{\perp B})^2 + R_{\parallel n}^K(\theta_1, n_2)(1-R_{\parallel B})^2 \right] \exp(-xL \cos \theta_1) \times \\ \times f_1[\arcsin(n_1 \sin(\theta_1 - \alpha_0))] f_{\text{გამ}}[\arcsin(n_1 \sin(\theta_1 - \alpha_0)) + \Delta\beta] d\theta_1 \quad (1)$$

სადაც

$$R_{\perp n}(\theta_1, n_2) = \left[ \frac{n_1 \cos \theta_1 - \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}{n_1 \cos \theta_1 + \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}} \right]^2, \quad (2)$$

$$R_{\parallel n}(\theta_1, n_2) = \left[ \frac{n_2^2 \cos \theta_1 - n_1 \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}{n_2^2 \cos \theta_1 + n_1 \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}} \right]^2 \quad (3)$$

გადამწოდში ოპტიკური სიგნალის მოდულაციის კოეფიციენტი შეიძლება ვიპოვოთ გამოსახულებით:

$$m = (P_{\text{მკვ}} - P_{\text{მომ}}) / P_{\text{მკვ}} = 1 - \tau_{\text{მომ}} / \tau_{\text{მკვ}}$$

სადაც  $P_{\text{მკვ}}$ ,  $P_{\text{მომ}}$ ,  $\tau_{\text{მკვ}}$ ,  $\tau_{\text{მომ}}$  – შესაბამისად წარმოადგენს გამოსასვლელი სიმძლავრისა და სინათლის გამტარობის მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობებს გარე არის თვისებების შეცვლისას.

სიმძლავრე  $P_{\text{მკვ}}$  განისაზღვრება  $n_2 = n_{20}$ , ხოლო  $P_{\text{მომ}}$  სიმძლავრე განისაზღვრება, როცა  $n_2 = n_{20} + \Delta n_2$ .

$$P_{\text{მკვ}} = \int_{\theta_{\text{მომ}}}^{\theta_{\text{მკვ}}} \frac{dP_{\text{გამ}}}{d\theta_1} d\theta_1 \Big|_{n_2=n_{20}}. \quad (4)$$

მოყვანილი ინტეგრალი შეიძლება გაიყოს ორ ნაწილად:

1. კუთხის დიაპაზონში  $\theta_{1, \text{კრ}} = \arcsin(n_{20}/n_1)$ -დან  $\theta_{1, \text{მკვ}}$ -მდე, სადაც სრულდება სრული შინაგანი არეკვლის პირობები და ყურადღება არ ექცევა შუქსატარის მასალის დანაკარგს

$$dP_{\text{გამ}}/d\theta_1 = dP_{\text{გამ}}/d\theta_1.$$

2. კუთხის დიაპაზონში  $\theta_{1, \text{მომ}}$ -დან  $\theta_{1, \text{კრ}}$ -მდე სრული შინაგანი არეკვლის პირობების არ სრულდება, ამიტომ

$$\frac{dP_{\Sigma}^{d\Delta}}{d\theta_1} = \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20}), \quad (5)$$

სადაც

$$R_{\Sigma}(\theta_1, n_2) = 0,5 \left[ R_{\perp n}^k(\theta_1, n_2) + R_{\parallel n}^k(\theta_1, n_2) \right]. \quad (6)$$

მაშასადამე

$$P_{\text{მაქს.}} = \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{მაქს}}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1 + \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{მაქს}}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} d\theta_1. \quad (7)$$

ანალოგიურად განისაზღვრება სიმძლავრეც:

$$P_{\text{მინ.}} = \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{მაქს}}} \frac{dP_{\Sigma}^{d\Delta}}{d\theta_1} d\theta_1 \Big|_{n_2=n_{20}+\Delta n_2} \quad (8)$$

ან

$$P_{\text{მინ.}} = \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20} + \Delta n_2)] d\theta_1 + \int_{\theta_{1\text{კრ}\Delta}}^{\theta_{1\text{მაქს}}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} d\theta_1, \quad (9)$$

სადაც

$$\theta_{1\text{კრ}\Delta} = \arcsin [n_{20} + \Delta n_2 / n_1].$$

მაშასადამე, მოდულაციის კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$m = \frac{\int_{\theta_{1\text{კრ}\Delta}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} d\theta_1 + \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1 - \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20} + \Delta n_2)] d\theta_1}{\int_{\theta_{1\text{კრ}\Delta}}^{\theta_{1\text{მაქს}}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} d\theta_1 + \int_{\theta_{1\text{მინ}}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} \frac{dP_{\Sigma}^{შეშ}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1}. \quad (10)$$

განვიხილოთ კერძო შემთხვევა. განვსაზღვროთ გამომსხივებლისა და შუქსატარის ყველაზე ხელსაყრელი განლაგება.

დავუშვათ გამომსხივებელს აქვს თანაბარი გამოსხივების ინტენსივობა  $\theta_{11}$ -დან  $\theta_{12}$ -მდე დიაპაზონში, ე.ი.

$$dP_{\Sigma}^{შეშ} / d\theta_1 = P_0$$

სადაც

$$P_0 = \begin{cases} \text{const როცა } \theta_{12} \leq \theta_1 \leq \theta_{11}; \\ 0 \quad \text{როცა } \theta_1 > \theta_{11}, \theta < \theta_{12}. \end{cases}$$

მაშინ

$$P_{\text{მაქს.}} = P_0 \int_{\theta_{11}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1 + P_0(\theta_{12} - \theta_{1\text{კრ}\Delta}); \quad (11)$$

$$P_{\text{მინ.}} = P_0 \int_{\theta_{11}}^{\theta_{1\text{კრ}\Delta}} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20} + \Delta n_2)] d\theta_1 + P_0(\theta_{12} - \theta_{1\text{კრ}\Delta}). \quad (12)$$

განვიხილოთ გამომსხივებლისა და შუქსატარის ურთიერთგანლაგების ორი შემთხვევა.

$$\theta_{11} = \theta_{1\text{კრ}\Delta} \quad \text{და} \quad \theta_{12} = \theta_{1\text{კრ}\Delta}.$$

პირველ შემთხვევაში  $P_{\theta_{\text{კ1}}}$ -ის მაქსიმალური მნიშვნელობა მეტი იქნება  $P_{\theta_{\text{კ2}}}$  სიმძლავრის მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე, რომელიც შეესაბამება მეორე შემთხვევას. ე.ი.  $P_{\theta_{\text{კ1}}} > P_{\theta_{\text{კ2}}}$ . ეს იმით აიხსნება, რომ  $\theta_{1, \text{კრ}}$ -დან  $\theta_{12}$ -მდე კუთხეების დიაპაზონში პირველ შემთხვევაში შევა გამომსხივებლის მიმმართველი ყველა კუთხე  $\theta_{11}$ -დან  $\theta_{12}$ -მდე, ხოლო მეორე შემთხვევაში მხოლოდ  $\theta_{1, \text{კრ}}$ -დან  $\theta_{12}$ -მდე.

სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ, სინათლის წყაროთი შექმნილი დიდი რაოდენობის ენერგია განიცდის სრულ შინაგან არეკვლას შუქსატარის საზღვრებიდან და მიაღწევს ფოტომიმდებს. ამავე დროის  $P_{\theta_{\text{ო61}}}$ -სიმძლავრის მინიმალური მნიშვნელობა პირველ შემთხვევაში მეტია  $P_{\theta_{\text{ო62}}}$ -ზე, მეორე შემთხვევაში, ე.ი.  $P_{\theta_{\text{ო61}}} > P_{\theta_{\text{ო62}}}$ . ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ პირველ შემთხვევაში არსებობს კუთხეების  $\theta_{1, \text{კრ}\Delta}$ -დან  $\theta_{12}$ -მდე დიაპაზონში, რომელთათვისაც სრული შინაგანი არეკვლის პირობები არ ირღვევა  $\theta_{1, \text{კრ}\Delta}$  შემთხვევაშიც კი. მეორე შემთხვევაში ასე კუთხეები არ იქმნება.

უნდა აღინიშნოს, რომ  $P_{\theta_{\text{ო61}}}$ -ის მნიშვნელობა დამოკიდებულია  $\theta_{12} - \theta_{11}$ -ისა და  $\theta_{1, \text{კრ}\Delta} - \theta_{1, \text{კრ}}$  სიდიდეების შეფარდებაზე. თუ  $\theta_{12} - \theta_{11} = N(\theta_{1, \text{კრ}\Delta} - \theta_{1, \text{კრ}})$ , სადაც  $N$  რაიმე ნატურალური რიცხვია, მაშინ  $P_{\theta_{\text{ო6}}} \approx (N-1)P_{\theta_{\text{კ1}}}/N$ .  $N$ -ის დიდი სიდიდის შემთხვევაში  $P_{\theta_{\text{ო61}}}$ -ის მნიშვნელობა ახლოსაა  $P_{\theta_{\text{კ1}}}$ -ის მნიშვნელობასთან, რაც შეესაბამება  $m_1$  მოდულაციის კოეფიციენტის დაბალ სიდიდეს პირველ შემთხვევაში.

მეორე შემთხვევაში სიმძლავრე  $P_{\theta_{\text{ო62}}}$ -ის მნიშვნელობა  $P_{\theta_{\text{კ2}}}$ -ის მნიშვნელობაზე საკმაოდ ნაკლები იქნება, რადგან, როცა  $n_2 = n_{20} + \Delta n_2$  არ არსებობს გამოსხივების დაცემის კუთხე, რომლისთვისაც სრულდება სრული შინაგანი არეკვლის პირობა, და შესაბამისად შეფარდება  $P_{\theta_{\text{ო62}}}$  და  $P_{\theta_{\text{კ2}}}$ -ს შორის საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მოდულაციის მაღალი კოეფიციენტი  $m_2$ .

ამრიგად, გამომსხივებლისა და შუქსატარის ურთიერთგანლაგების ცვლილებისას შეიცვლება მოდულაციის კოეფიციენტიც  $m$ , ამასთან განხილული ორი შემთხვევისათვის  $m_1 < m_2$ , ე.ი. როცა  $\theta_{12} - \theta_{11} > \theta_{1, \text{კრ}\Delta} - \theta_{1, \text{კრ}}$  მოდულაციის მაღალი კოეფიციენტის მისაღებად აუცილებელია გამოვიყენოთ გამომსხივებლისა და შუქსატარის ისეთი განლაგება, რომელიც შეესაბამება მეორე შემთხვევას, ე.ი.  $\theta_{12} = \theta_{1, \text{კრ}\Delta}$ .

გამომსხივებლის და შუქსატარის მეორე შემთხვევის შესაბამისი ურთიერთგანლაგებისას მაქსიმალური სიმძლავრე  $P_{\theta_{\text{კ2}}}$  მცირდება, ე.ი.  $P_{\theta_{\text{კ2}}} < P_{\theta_{\text{კ1}}}$ , რისი კომპენსირებაც შეიძლება მოხდეს უფრო მძლავრი სინათლის წყაროს შერჩევით და სინათლის წყაროს მდებარეობის შერჩევით ურთიერთპერპენდიკულარულ სიბრტყეებში.

## დასკვნა

დამუშავებულია წნევის ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდის მათემატიკური მოდელი. წარმოდგენილი გადამწოდი საშუალებას იძლევა გაზომვები ჩავატაროთ მაღალი სიზუსტით დიდი წნევის დიაპაზონში.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. ჯ. ბახტაძე, მ. წიქარიშვილის, ლ. ბერიძე - საქპატენტი, P2593 „ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდი წნევის გაზომვისათვის“;
2. Бусурин В.И., Носов Ю.Р. - Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применение, М.: 1990;
3. ლ. ბერიძე - „მანქანა-დანადგარებში ლაზერული მიკროაფეთქებით მიღებული დინამიკური პროცესების კონტროლი ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემებით“, საკანდიდატო დისერტაცია, თბილისი, 2006წ.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

**Беридзе Лиа, Чурчелаური Бадри, Метревели Гела**

### Резюме

Разработана полученные в камере высокого давления лазерным микровзрывом схема контрольного волоконно-оптического датчика давления и усилия и экспериментальная установка. Она дает возможность установить параметры созданного в закрытой камере давления, произвести управление и контроль происходящего в устройстве рабочего процесса. Представленная контрольная система дает возможность провести измерение с высокой точность в диапазоне большого давления.

Обработана математическая модель передатчика.

## MATHEMATICAL MODEL OF A POWER FIBER OPTIC SENSOR

**Beridze Lia, Tchurtchelaური Badri, Metreveli Gela**

### Abstract

The article deals with the elaboration of the scheme and experimental device of the pressure caused by the laser micro explosions in high-pressure chambers and control fiber-optical port of power. It enables us to define the parameters of the pressure created in closed chamber, to manage and control the working process inside the device. The control system will give us the opportunity to carry out the measurement in high pressure range with maximum accuracy.

The mathematical model of the transmitter is processed.

# ამწე-სატრანსპორტო მანქანების მუხრუჭების ამძრავის მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ხანგამძლეობის გაზრდის შესახებ

სიმონ ბიწაძე\*, რუსუდან ბიწაძე\*\*

*\*მოწვეული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;*

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

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

საქართველო)

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ამწე-სატრანსპორტო მანქანების მუხრუჭების ამძრავის მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ორიგინალური კონსტრუქცია. შემოთავაზებული მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას კონსტრუქციაში გამორიცხულია მისი ჩართვისას საბიძგებელას მწყობრიდან გამოსვლა ჭოკის აწევის შეუძლებლობის გამო. ამ დროს მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას კონსტრუქცია უზრუნველყოფს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრომაგნიტის ღუზა-დგუშის გულართან სრულ მიზიდვას. ეს კი გამორიცხავს ელექტრომაგნიტის კოჭაში დენის გაზრდას, მის გადახურებას და მწყობრიდან გამოსვლას, რაც უზრუნველყოფს მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელას ხანგამძლეობის გაზრდას.

**საკვანძო სიტყვები:** საბიძგებელა, ელექტრომაგნიტი, ღუზა-დგუში, გულარი, ჭოკი.

## შესავალი

ტვირთამწე მანქანების ან მექანიზმების მუხრუჭების განმუხრუჭებისათვის ელექტროენერგია ერთდროულად მიეწოდება როგორც ამსრულებელ მექანიზმს, ასევე მათი მუხრუჭების ამძრავს. მუხრუჭების ამძრავად მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებლების (მჰს) გამოყენებისას, მიეწოდება რა ელექტროენერგია საბიძგებელას, მისი ჭოკი აიწევა ქვედა კიდურა მდებარეობიდან ზედა კიდურა მდებარეობამდე. ამ დროს ხდება მუხრუჭების განმუხრუჭება და ამსრულებელი მექანიზმი იწყებს ტექნოლოგიური პროცესის შესრულებას.

მანქანა-მექანიზმების საიმედო მუშაობის, მწარმოებლობის და ხანგამძლეობის გაზრდის ერთ-ერთ ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს მათში გამოყენებული საბიძგებლები [1].

მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებლებში ელექტროენერგიის მიწოდების-თანავე ჩართვება მჰს-ს ელექტრომაგნიტი და მიეზიდება რა სრულად ელმაგნიტის ღუზა (მემბრანიან მჰს-ში) ან ღუზა-დგუში (უმემბრანო მჰს-ში) ელმაგნიტის გულარს, გამოდევნის მათ შორის არსებულ მუშა სითხეს და გადაჭირხნის მჰს-ს ჭოკის დგუშს ქვედა არეში და აწევს ჭოკს მუშა სვლის სიდიდით [2], [3].

ღუზისა ან ღუზა-დგუშის სრულად მიზიდვისას ისინი ზედა ბრტყელი რგოლური ტორსული ზედაპირით მიეზღინებიან გულარის ბრტყელ რგოლურ ტორსს და ამ პოზიციაში რჩებიან მანამდე, ვიდრე მჰს-ს არ შეუწყდება ელექტროენერგიის მიწოდება.



წარმოებაში სხვადასხვა მიზეზიდან გამომდინარე, საბიძგებელას ჩართვისას საბიძგებელას ჭოკის აწევა შეიძლება იყოს შეუძლებელი. ძირითადად ეს გამოწვეულია ჭოკზე მოქმედი გარე დატვირთვის იმ სიდიდემდე გაზრდით, რომელიც მეტია საბიძგებელას ამწევ ძალაზე. ასევე საბიძგებელას ჭოკის აწევის შეუძლებლობა მისი ჩართვისას შეიძლება იყოს გამოწვეული საბიძგებელას ჭოკის გაჭედვით მიმმართველ მილისაში არასწორი მონტაჟის დროს, ან ვიბრაციის, ან დარტყმითი მოვლენების გავლენით სამაგრი ნაწილების მოშვებისას.

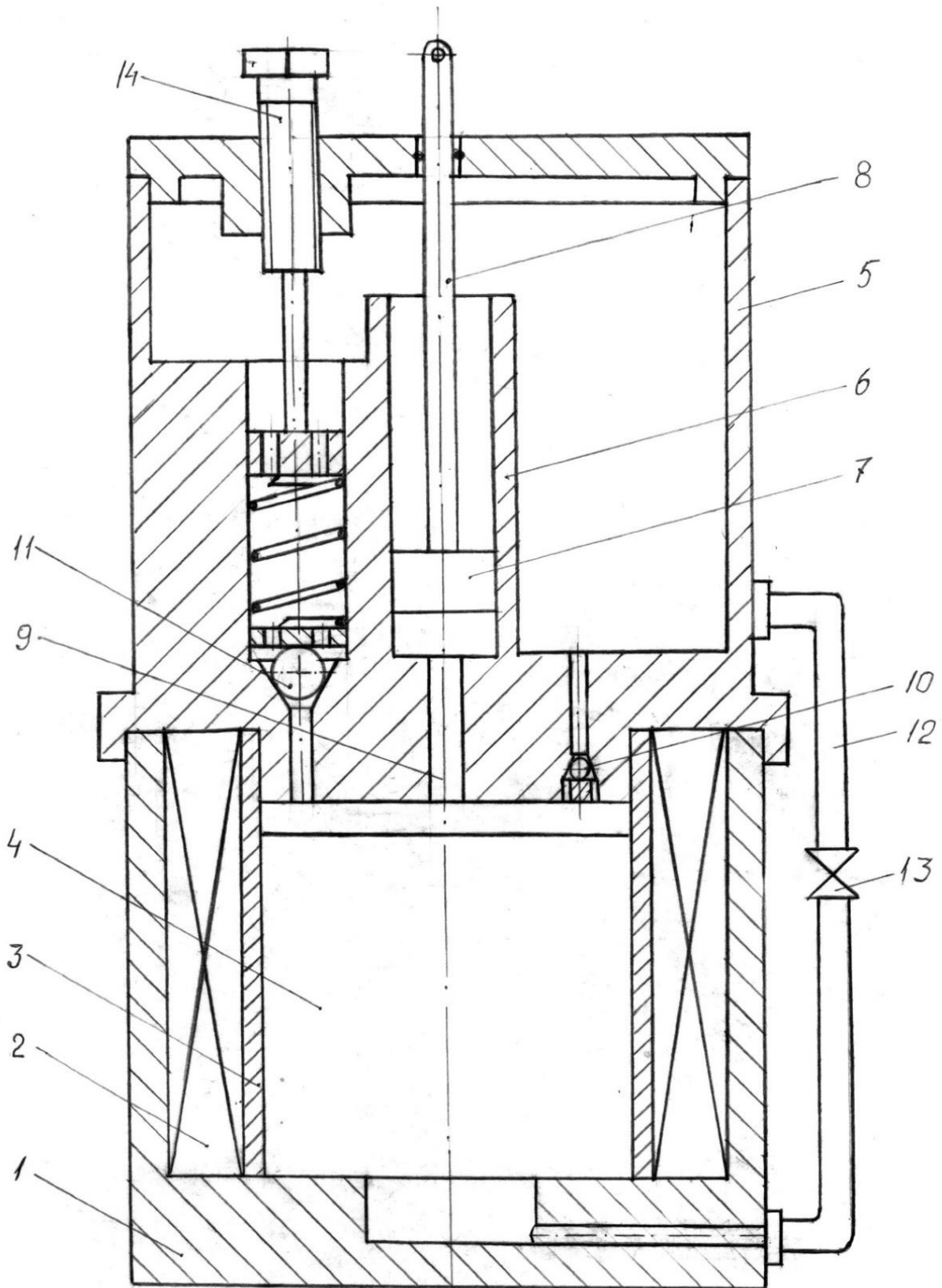
მაგნიტურჰიდრაულიკური საბიძგებლების ჩართვისას მათი ჭოკის აწევის შეუძლებლობა ან ჭოკის აწევისას ზედა მუშა მდებარეობამდე მისვლამდე მისი გაჩერება შესაბამისად იწვევს საბიძგებელას მუდმივი დენის ელექტრო-მაგნიტის ღუზის (მემბრანიან საბიძგებლებში) [2] ან ღუზა-დგუმის (უმემბრანო საბიძგებლებში) [1] ელმაგნიტის გულართან მიზიდვის შეუძლებლობას. ეს, თავის მხრივ, იწვევს საბიძგებელას ელმაგნიტის ხვიაში დენის დაუშვებელ სიდიდემდე გაზრდას, მის გადახურებას და გადაწვას. საბიძგებელას ელმაგნიტში ტემპერატურის ზრდა იწვევს მუშა სითხის ტემპერატურის გაზრდას და მისი სიბლანტის სიდიდის საკმაოდ შემცირებას, რაც ხდება სითხის ცილინდრების მუშა არედან სითხის გადინების მიზეზი. მიუხედავად იმისა, რომ ღუზა-დგუმი ვერ მიეზიდება სრულად ელმაგნიტის გულარს, იგი მაინც ცდილობს მიეზიდოს გულარს, რაც იწვევს მუშა სითხეში ჭარბი წნევის დაუშვებელ სიდიდემდე ზრდას. თუმცა, ღუზა-დგუმიც და ჭოკიც კვლავ უძრავადაა. ამ შემთხვევაშიც შესაძლებელია სითხის გადინება ცილინდრების მუშა არედან. ყოველივე ზემოთ თქმული ამცირებს მჰს-ს საიმედოობას და ხანგამძლეობას.

### ძირითადი ნაწილი

შემოთავაზებული კონსტრუქციის (ფიგ. 1) ტექნიკური შედეგია მაგნიტურ-ჰიდრაულიკური საბიძგებელას ამწე-სატრანსპორტო მანქანებში მუხრუჭის ამძრავად გამოყენებისას მისი მუშაობის საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გაზრდა.

საბიძგებელას ჩართვისას დენი მიეწოდება საბიძგებელას ელექტრომაგნიტის კოჭას 2. ღუზა-დგუმი 4 მიეზიდება ელექტრომაგნიტის გულარას და იწყებს ზევით სვლას, ქმნის ჭარბ წნევას და მუშა სითხე იჭირხნება ხვრელით 9 დგუმსქვედა 7 არეში, რის შემდეგ დგუმი 7 მასთან ხისტად დაკავშირებულ ჭოკთან 8 ერთად აიწევა თავისი მუშა სვლის სიდიდის ტოლ მანძილზე. ამ დროს სარქველი 10 დახშულია და არ უშვებს მუშა სითხეს ავზში 5, ხოლო წნევის მარეგულირებელი სარქველი 11 დგუმის 7 და ჭოკის 8 აწევისთვის საჭირო სითხის წნევის სიდიდეზე არ იხსნება და არ უშვებს მუშა სითხეს ღუზა-დგუმსზედა 4 არედან ავზში 5. მილის 12 და მარეგულირებელი ვენტის 13 მეშვეობით მუშა სითხე, ავზიდან 5 შეიწოვება ღუზა-დგუმის 4 მიერ ღუზა-დგუმსქვედა 4 არეში. მიეზიდება რა სრულად ღუზა-დგუმი 4 ელექტრომაგნიტის გულარას, დგუმი 7 ჭოკთან 8 ერთად მიაღწევს მუშა ზედა კიდურა მდებარეობას.

იმ შემთხვევაში, თუ მჰს-ს ჩართვისას ჭოკის 8 და დგუმის 7 აწევა სხვადასხვა მიზეზის გამო შეუძლებელი გახდება, ღუზა-დგუმიც 4 ვერ მიეზიდება გულარას და გაჩერდება ქვედა საწყის მდებარეობაში. მაგრამ ამ დროს ღუზა-დგუმი 4 ცდილობს მიეზიდოს ელექტრომაგნიტის გულარას, რაც იწვევს სითხეში წნევის ზრდას და როცა იგი გადააჭარბებს ჭარბი წნევის სიდიდეს, გაიხსნება წნევის მარეგულირებელი სარქველი 11 და მუშა სითხე ღუზა-დგუმსზედა 4 არედან გადაედინება ავზში 5. ამის შემდეგ ღუზა-დგუმი 4 თავისუფლად მიეზიდება გულარას და მიეზიინება მას. ამიტომ ელექტრომაგნიტის კოჭაში დენი აღარ გაიზრდება, კოჭა არ გადახურდება და არ გამოვა მწყობრიდან.



ფიგ. 1

თუ მუშა სითხის გადაინებისას ლუზადგუმსზედა 4 არეში წნევა შემცირდება ჭარბი წნევის სიდიდემდე და ლუზადგუმში ჯერ კიდევ არ იქნება მიბჯენილი გულარს, წნევის

მარეგულირებელი სარქველი 11 ჩაკეტავს ღუზადგუმსზედა 4 არისა და მუშა სითხის ავზის 5 დამაკავშირებელ ხვრელს, რის შემდეგ ღუზადგუმში 4 კვლავ ეცდება მიეზიდოს გულარს. მუშა სითხეში წნევის სიდიდე გადააჭარბებს ჭარბი წნევის სიდიდეს. წნევის მარეგულირებელი სარქველი 11 გაიხსნება და მუშა სითხე გადაედინება ღუზადგუმსზედა არიდან მუშა სითხის ავზში 5. ამ დროს ღუზადგუმში კვლავ თავისუფლად მიეზიდება გულარს, აიწევს ზევით და ასე ეტაპობრივად მოხდება ღუზა-დგუმის 4 აწევა მანამ, სანამ ღუზა-დგუმში 4 არ მიეზივინება გულარს.

ამ დროს ჭოკი 8 დგუმთან 7 ერთად რჩება ქვედა კიდურა საწყის მდებარეობაში მანამ, სანამ მათი ზევით აწევის შეუძლებლობის მიზეზი არ აღმოფხვრება. ჭოკის აწევის შეუძლებლობის მიზეზის აღმოფხვრამდე კვება შეუწყდება მჰს-ს ელმაგნიტის კოჭას 2. ელექტრომაგნიტის გულარა აღარ მიიზიდავს ღუზა-დგუმს 4 და იგი თავისი წონის გავლენით ეცდება დაეშვას ქვედა საწყის მდებარეობამდე. ღუზა-დგუმში 4 დაშვებისას ცალმხრივმოქმედი სარქველით 10 შეიწოვს გულართან მიზიდვისას წნევის მარეგულირებელი სარქველის 11 გავლით ავზში 5 განდევნილ მუშა სითხეს იგივე მოცულობით და საბოლოოდ დაეშვება ქვედა კიდურა საწყის მდებარეობამდე. ამ დროს ღუზა-დგუმსქვედა 4 არედან მუშა სითხე გადაიტუმბება მილის 12 და მარეგულირებელი ვენტის 13 მეშვეობით ავზში 5, რის შემდეგ ღუზა-დგუმში 4 და ჭოკი 8 დგუმთან 7 ერთად არიან რა ქვედა საწყის კიდურა მდებარეობაში, მჰს მზადაა კვლავ ჩასართავად. აქედან გამომდინარე, მჰს-ს მწყობრიდან გამოსვლა ჭოკის აწევის შეუძლებლობით გამორიცხულია. მჰს-ს ჭოკის აწევის შეუძლებლობის მიზეზის აღმოფხვრის შემდეგ მჰს კვლავ შეიძლება გამოყენებული იქნას მანქანა-დანადგარების ამძრავად.

### დასკვნა

შემოთავაზებულ მაგნიტურჰიდრავლიკურ საბიძგებელაში გამორიცხულია ჩართვისას მისი მწყობრიდან გამოსვლა ჭოკის აწევის შეუძლებლობით, რადგან მჰს-ს კონსტრუქცია უზრუნველყოფს ამ დროს ღუზა-დგუმის ელექტრომაგნიტის გულართან სრულ მიზიდვას, რაც გამორიცხავს ელმაგნიტის კოჭაში დენის გაზრდას, მის გადახურებას და გადაწვას. ამით იზრდება საბიძგებელას საიმედოობა და ხანგამძლეობა.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. Александров М.П. - Тормоза подъемно-транспортных машин, М., Машино-строение, 1976г., (с. 63, 112);
2. ს. ბიწაძე, რ. ბიწაძე - მემბრანიანი მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, პატენტი P 2022 7337 B გამოგონება, საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი, 20-10-2022;
3. ს. ბიწაძე, რ. ბიწაძე - მაგნიტურჰიდრავლიკური საბიძგებელა, საქპატენტის ბრძანება №1979/1 გამოგონებაზე პატენტის გაცემის შესახებ, 05-04-2022.

**On increase of durability of the magnetohydraulic pusher of  
lifting-and-shifting machine brake gear  
Simon Bitsadze, Rusudan Bitsadze**

**Abstract**

The original design of the magnetohydraulic pusher of lifting-and-shifting machine brake gear is considered in the article. The offered design of the magnetohydraulic pusher excludes the pusher's breakdown during its switch on due to impossibility of push rod lifting. At this time the design of magnetohydraulic pusher provides complete attraction of pusher's direct-current electromagnet armature-piston to the core. In its turn, this fact excludes current increase in the electromagnet coil, its overheating and breakdown that predetermines increased durability of the magnetohydraulic pusher.

**О повышении долговечности магнитогидравлического толкателя привода  
тормозов подъемно-транспортных машин  
Симон Бицадзе, Русудан Бицадзе**

**Резюме**

В статье рассмотрена оригинальная конструкция магнито-гидравлического толкателя привода тормозов подъемно-транспортных машин. Предложенная конструкция магнитогидравлического толкателя исключает выход толкателя из строя при его включении вследствие невозможности подъема штока. В это время конструкция магнитогидравлического толкателя обеспечивает полное притяжение якоря-поршня электромагнита постоянного тока толкателя к сердечнику. В свою очередь, это исключает увеличение тока в катушке электромагнита, его перегрев и выход из строя, что обуславливает повышение долговечности магнитогидравлического толкателя.

უკ 531.8

## მხაზველობითი გეომეტრიის პოზიციური ამოცანების გადაწყვეტა Autodesk Inventor -ის გარემოში კობა ილურიძე\*, მზია ბეგიაშვილი\*\*, ნუნუ მუმლაძე\*\*\*

\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

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

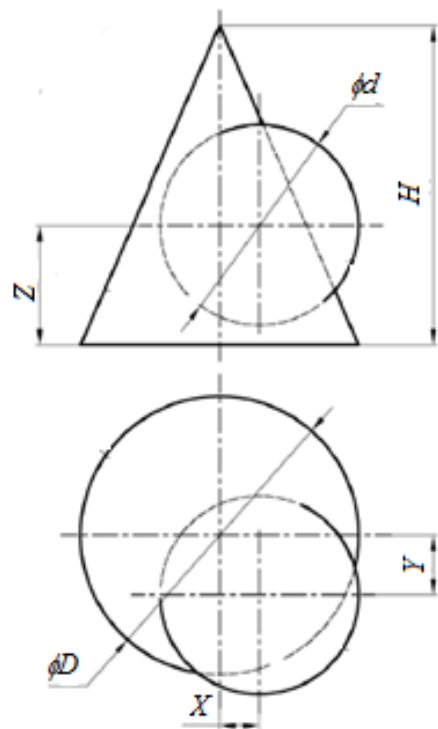
**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია ვირტუალური მოცულობითი მოდელების შედაპირების გადაკვეთის ხაზის აგების ამოცანა. ამოცანის გადაწყვეტისათვის ნაჩვენებია კომპიუტერული გრაფიკის, განსაკუთრებით კი 3D მოდელირების ტექნოლოგიების უპირატესობა და ეფექტურობა სასწავლო პროცესში. მოყვანილია კონუსის მოდელის სფეროსთან გადაკვეთის ხაზის შექმნის მაგალითი სამგანზომილებიანი კომპიუტერული მოდელირების სისტემაში Autodesk inventor.

**საკვანძო სიტყვები:** მხაზველობითი გეომეტრია, მოდელების შედაპირების გადაკვეთის ხაზი, სამგანზომილებიანი მოდელირების სისტემა Autodesk Inventor.

### შესავალი

მხაზველობითი გეომეტრიის ამოცანების გადაწყვეტა, რომელიც ეხება გეომეტრიული სხეულების ურთიერთგანლაგების განსაზღვრას, საკმარისად შრომატევადია. ორთოგონალური პროექტირება სამ სიბრტყეზე და მასთან დაკავშირებული მხაზველობითი გეომეტრიის მეთოდები, რომელიც ჩადებულია ჯერ კიდევ XVIII საუკუნის ბოლოს გ. მონჟის მიერ, ამჟამად რჩება თითქმის ერთადერთ მეთოდს ნაკეთობის ფორმისა და ტექნიკური დეტალების ანალიზისათვის. კომპიუტერული გრაფიკის, განსაკუთრებით კი 3D მოდელირების განვითარების მთავარ მიზანს წარმოადგენდა ინჟინრის განთავისუფლება რუტინული გრაფიკული აგებებისაგან და მისი ინტელექტისა და სივრცითი წარმოსახვის გამოყენება უფრო კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტისათვის. მხაზველობითი გეომეტრიის ცალკეული, ყველაზე შრომატევადი თემების შესწავლა, ამჟამად უფრო მარტივი და თვალსაჩინოა თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით.

განვიხილოთ მხაზველობითი გეომეტრიის ამოცანის ზოგიერთი მეთოდი მყარსხეულებიანი 3D მოდელირების გამოყენებით.

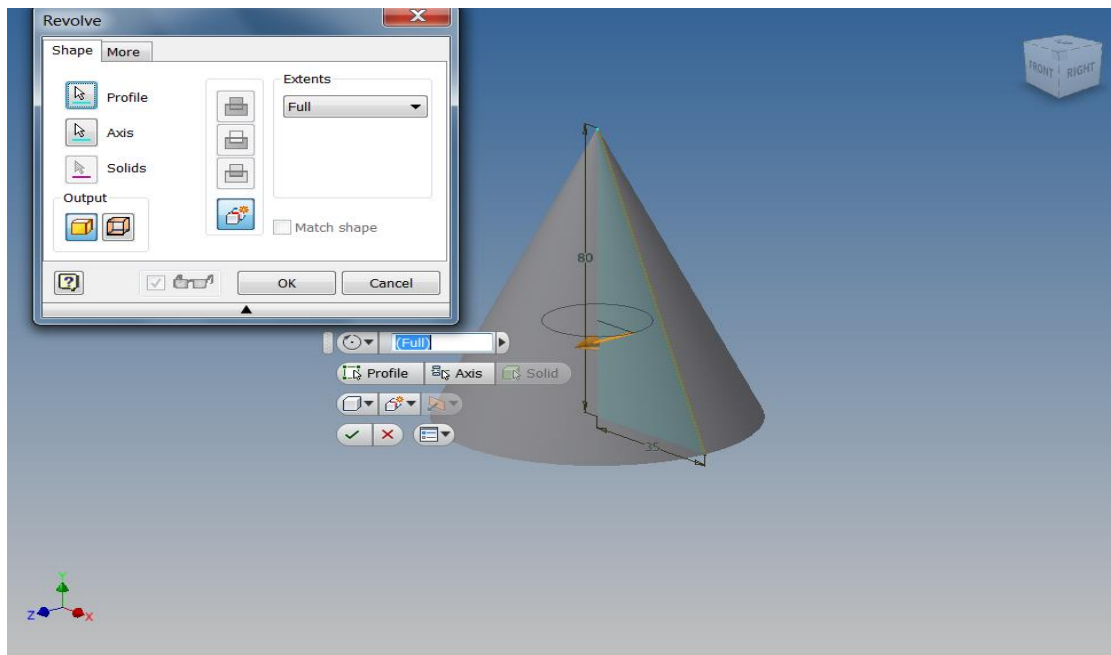


ნახ. 1.

მაგალითის სახით ავაგოთ კონუსის სფეროსთან გადაკვეთის ხაზი (ნახ. 1). მივიღოთ, რომ  $H=80$ ,  $D=70$ ,  $d=50$ ,  $x=10$ ,  $y=15$  და  $z=30$ .

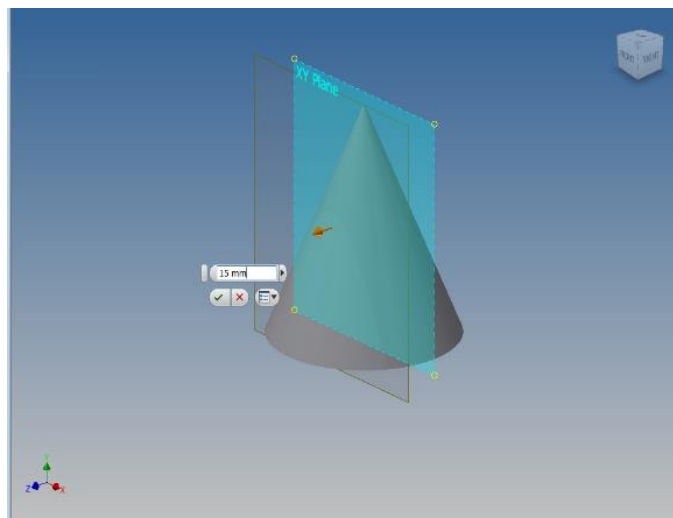
ამ ამოცანის გადასაწყვეტად დაგვჭირდება ორი პრიმიტივის - კონუსისა და სფეროს აგება. კონუსის ასაგებად შევქმნათ სწორკუთხა სამკუთხედის ესკიზი, კათეტებით  $H$  და  $D/2$  და მის მიმართ გამოვიყენოთ ოპერაცია ბრუნვა (**Revolve**) (სურ. 1).

სფეროს მოდელის ასაგებად დაგვჭირდება ახალი ესკიზი. ამ ესკიზის ასაგებად კი უნდა შევქმნათ ახალი დამხმარე სიბრტყე.



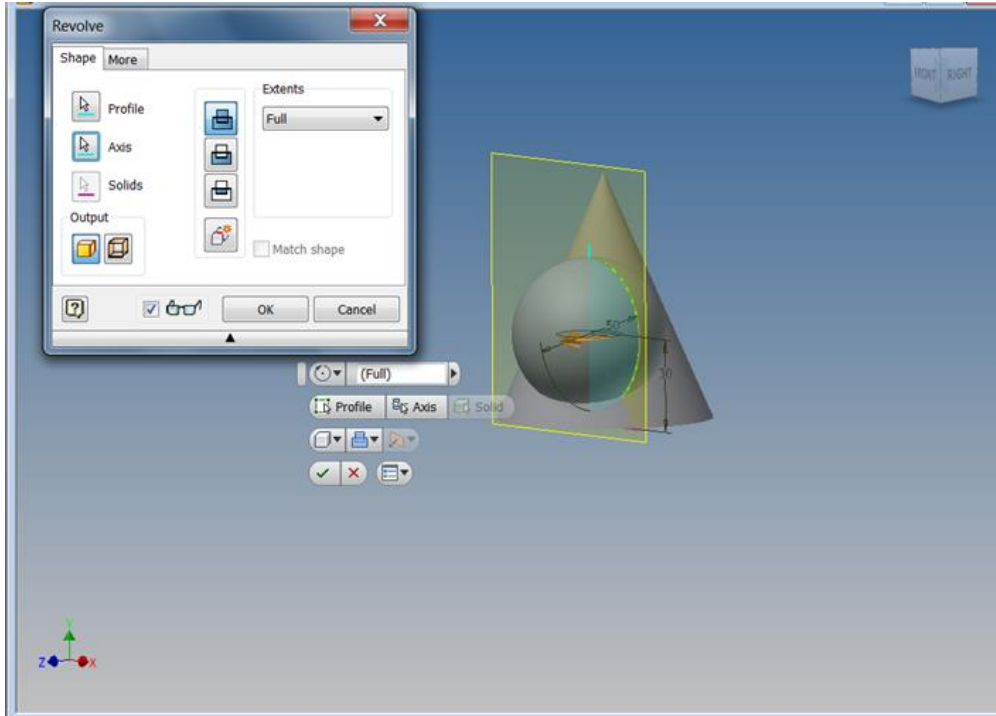
სურ. 1.

დამხმარე სიბრტყის შექმნა ხორციელდება ინსტრუმენტების პანელიდან ბრძანებით „სამუშაო სიბრტყე“ (Work plane). ამ ბრძანების გამოძახების შემდეგ კურსორით შეიძლება ბრაუზერიდან მივუთითოთ ნებისმიერი ძირითადი სიბრტყე და გადავაადგილოთ საჭირო დისტანციაზე (სურ. 2). ვირჩევთ კონუსის ღერძზე გამავალ სიბრტყეს და ვუთითებთ მნიშვნელობას  $y=15$ .



სურ. 2.

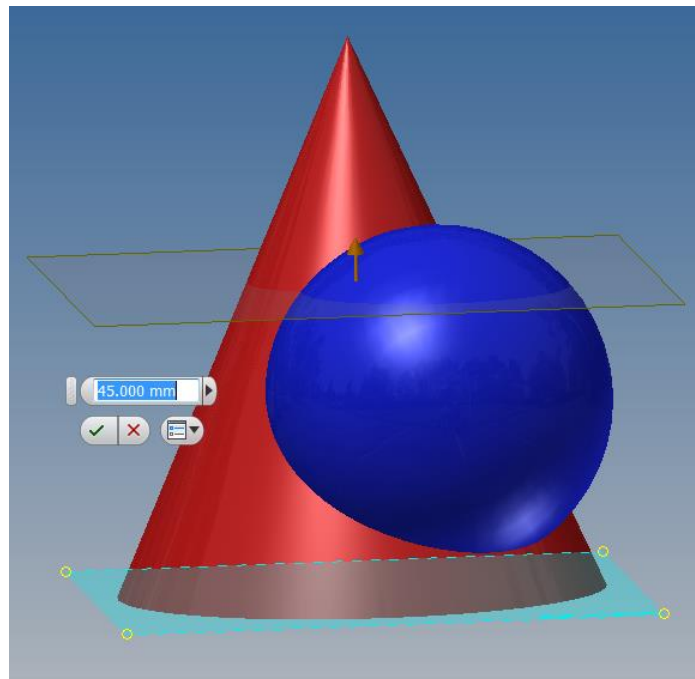
შექმნილ სიბრტყეში ვქმნით მეორე ესკიზს. ამისათვის ხელმეორედ ვიძახებთ ბრძანებას Start 2D Sketch და ვუთითებთ ამ სიბრტყეს. ესკიზი წარმოადგენს ნახევარი წრეხაზის კონტურს, რომელიც ბრძანებით ბრუნვა (**Revolve**) უნდა შემოვავრუნოთ დიამეტრის გარშემო, რომ შევქმნათ სფერო (სურ. 3). ამ ესკიზზე ნაჩვენებია ზომები: სფეროს დიამეტრი  $D=50\text{მმ}$ , მისი ცენტრის კოორდინატები  $x=10$  და  $z=30$ .



სურ. 3.

ამრიგად მივიღეთ კონუსისა და სფეროს მყარსხეულებიანი ფიგურების გადაკვეთის მოდელი. მოდელის უკეთესი აღქმისათვის, მათი ზედაპირების მიმართ შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა ფერი და ტექსტურა. ამისათვის კი ზედაპირების კონტექსტური მენიუდან უნდა ავირჩიოთ ოპცია „properties“ (თვისებები).

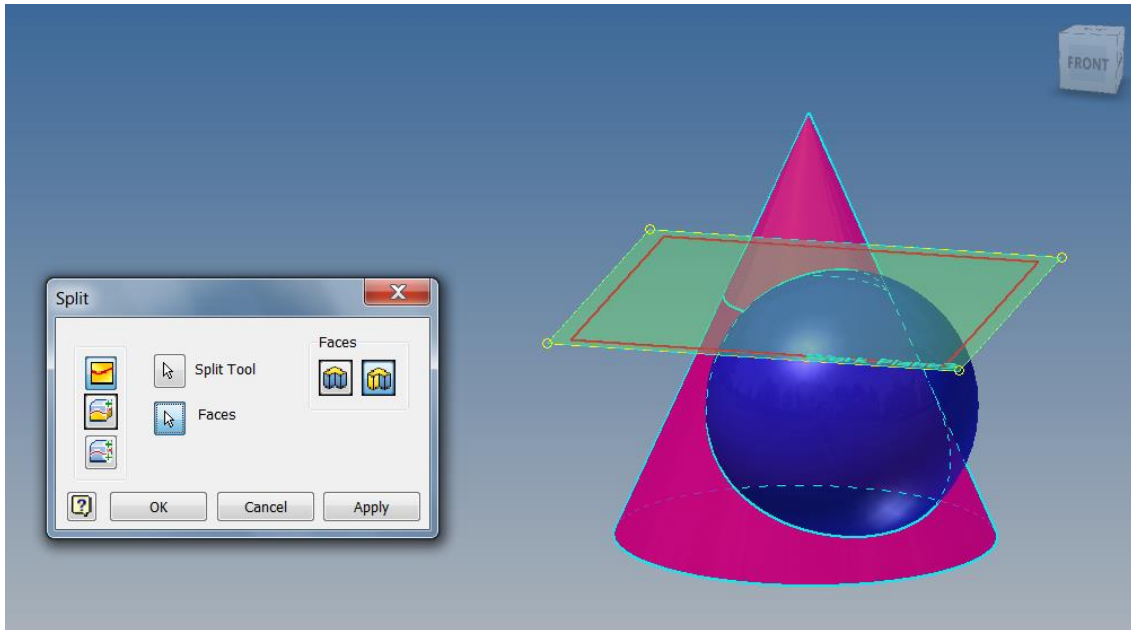
მხაზველობითი გეომეტრიის დამხმარე გადაკვეთი სიბრტყეების კლასიკური მეთოდის საილუსტრაციოდ მოდელს დავუმატოთ ჰორიზონტალური სიბრტყე, რომელიც გადაკვეთს ორივე გეომეტრიულ სხეულს. ამ შემთხვევაში საწყის სიბრტყედ ავირჩიოთ კონუსის ფუძე და დისტანცია  $45\text{მმ}$  (სურ. 4).



სურ. 4.

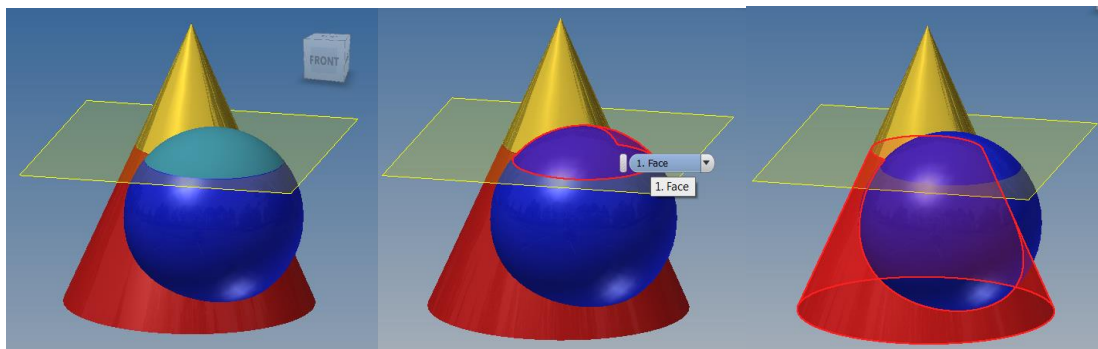
ამის შემდეგ ვსარგებლობთ ბრძანებით Split (გაყოფა). გამყოფი გვერდების სახით ვუთითებთ კონუსურ და სფერულ ზედაპირებს, ხოლო გაყოფის ინსტრუმენტის სახით კი

შექმნილ სიბრტყეს (სურ. 5). შედეგად სფერული და კონუსური ზედაპირები გაიყოფა - გადამკვეთი სიბრტყის ზედა და ქვედა ორ დამოუკიდებელ ზედაპირებად და ორივე



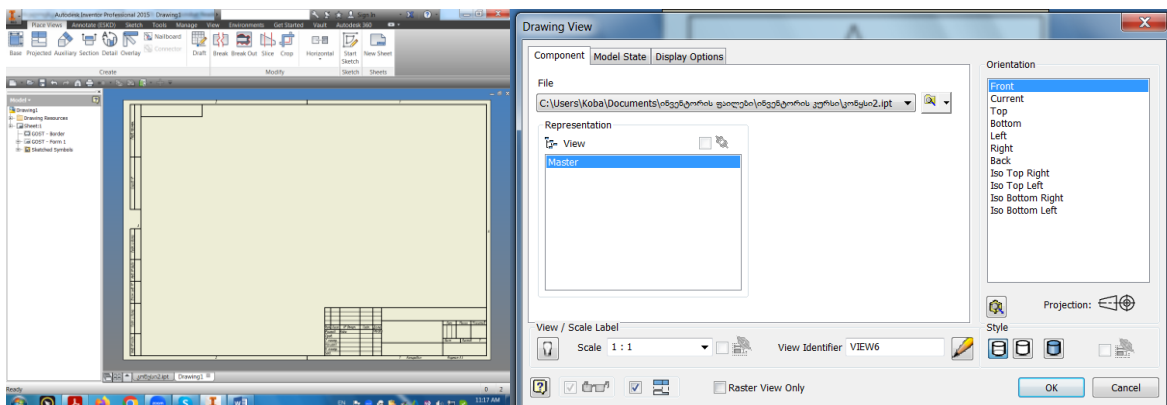
სურ. 5.

ზედაპირის ზედა ნაწილებს, ქვედასთან შედარებით, შეიძლება მივანიჭოთ სხვა ფერი (სურ. 6). იმისათვის, რომ ილუსტრირებული მოდელი წარმოვადგინოთ მონჭეს



სურ. 6.

ეპიურის სახით, შექმნილი მოდელი უნდა დავაპროექტოდ ორ ან სამ საპროექციო სიბრტყეზე. ამისათვის საჭიროა ავირჩიოთ შაბლონის ახალი ფაილი Drawing.dwg.

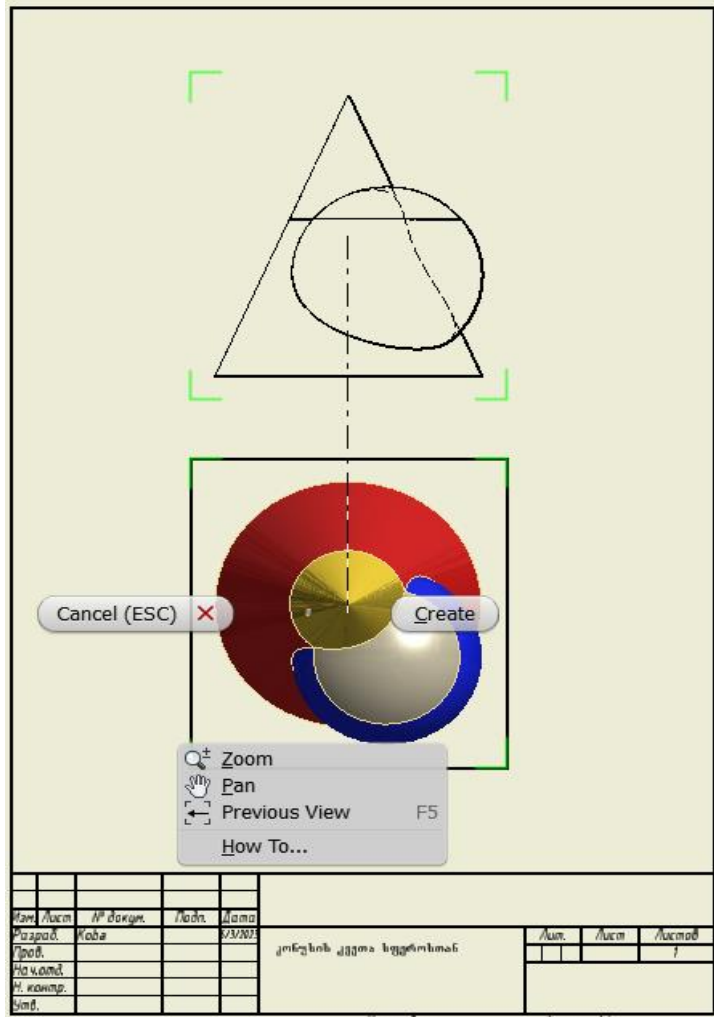


სურ. 7.

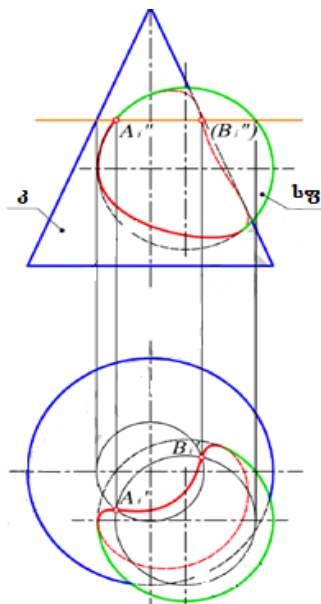


საბაზო (base) ბრძანების გამოძახების შემდეგ გაიხსნება სურათზე 7 წარმოდგენილი ფანჯარა „ნახაზის ხედი“. ამ ფანჯრის მარჯვენა მხარეს არსებული სიიდან შეგვიძლია ავირჩიოთ ეპიურის მთავარი ხედი და მოვახდინოთ მისი ფორმირება. გარდა ამისა ამ ფანჯარაში წინასწარ შეგვიძლია მივუთითოთ ნახაზის მასშტაბი. ფანჯრის ქვედა მარჯვენა კუთხეში კი ავირჩიოთ მისი გამოსახვის რეჟიმი.

OK ღილაკზე დაჭერის შემდეგ ფანჯარა „ნახაზის ხედი“ (Drawing View) გაქრება და გრაფიკულ ფანჯარაში შეგვიძლია ავირჩიოთ ფრონტალური პროექციის ადგილი. მეორე ხედის შექმნისათვის უნდა ვისარგებლოდ ბრძანებით „საპროექციო“ (Projected), თავუნას მარცხენა ღილაკით დავაფიქსიროთ პროექციის განთავსების ადგილი და კონტექსტური მენიუდან დავაჭიროთ ბრძანებას „შექმნა“ (Create) (სურ. 8).



სურ. 8.



სურ. 9.

იმისათვის, რომ ეპიურაზე დავიტანოთ ღერძის, აგებისა და საპროექციო კავშირის ხაზები და ამასთან ერთად განმარტებითი წარწერები, საჭირო იქნება მისი რედაქტირება AutoCAD-ში, ვინაიდან ბევრი ამ მოქმედების შესრულება AutoCAD-ში უფრო მარტივია.

ინვენტორში შექმნილი ეპიურა, რომ მისაწვდომი იყოს რედაქტირებისათვის, AutoCAD-ში მისი ფაილი უნდა შევინახოთ, როგორც ფაილი \*.dwg AutoCAD. ამისათვის კი უნდა შევიდეთ Autodesk Inventor-ის მთავარ მენიუში და შემდეგ გავხსნათ ჩანართი Save As/Save copy As.

AutoCAD-ში რედაქტირების შედეგი შეიძლება გამოიყურებოდეს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია სურათზე 9.

## დასკვნა

მოცულობითი მოდელირების სისტემა Autodesk Inventor შესაძლებლობას იძლევა მნიშვნელოვნად შევამციროთ დეტალების მუშა ნახაზების შესრულების დრო. საჭირო გამოსახულებების შესრულებისა და მათი გადაკვეთის ხაზების აგებისას ამცირებს შეცდომების დაშვების ალბათობას. ამ სისტემის გამოყენება მხაზველობით გეომეტრიაში, გვეხმარება გეომეტრიული კონსტრუირებისა და სივრცეში გეომეტრიული ობიექტების ურთიერთგადაკვეთის ძირითადი კანონების დაუფლებაში.

## გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. Буркова С.П. и др. - Компьютерное проектирование, Томск, 2013;
2. Зиновьев Д.В. - Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. Москва, 2017;
3. Корягина О.М. - Построение линий пересечения поверхностей второго порядка в системе объемного моделирования Autodesk Inventor // *Cloud of Science*. 2016. Т. 3. №1. с.60-70;
3. კ.ილურიძე, თ.კახეთელიძე, მ.ბეგიაშვილი - დეტალების მოდელირების აგება და ნახაზების შექმნა Autodesk Inventor სისტემაში, თბილისი, 2019წ.

### **Solving positional problems of descriptive geometry in the Autodesk Inventor environment**

**Koba Iluridze, Mzia Begiashvili, Nunu Mumladze**

#### **Abstract**

the article deals with the problem of constructing a line of intersection of surfaces of virtual volumetric models. To solve the problem, the advantage and effectiveness of computer graphics, especially 3D modeling technologies in the educational process, is shown. An example of creating a line of intersection with the sphere of a cone model in the 3D computer modeling system Autodesk Inventor is given.

### **Решение позиционных задач начертательной геометрии в среде Autodesk Inventor**

**Коба Илуридзе, Мзия Бегиашвили, Нуну Мумладзе**

#### **Резюме**

в статье рассматривается задача построения линии пересечения поверхностей виртуальных объемных моделей. Для решения проблемы показано преимущество и эффективность компьютерной графики, особенно технологий 3D-моделирования в образовательном процессе. Приведен пример создания линии пересечения со сферой модели конуса в системе трехмерного компьютерного моделирования Autodesk Inventor.

უკ 621.5

## ჰაერის გამაცივებელი დგუშიანი მოწყობილობა

გივი გოლეთიანი\*, თამაზ ისაკაძე\*\*, ზურაბ ლაზარაშვილი\*,

გივი გუგულაშვილი\*\*, ვახტანგი კირთაძე\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*\*მაგისტრანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

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

**რეზიუმე:** სურსათის წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება მრავალი თბური პროცესი, რომელთა შედეგად მიღებული მზა პროდუქცია ან ნახევარფაბრიკატები საჭიროებს გაცივებას. წარმოების მიერ მოთხოვნილი სწრაფი გაცივებისათვის გამოყენებული საშუალებებიდან სასურსათო პროდუქტებისათვის ყველაზე მეტად მისაღებია ცივი ჰაერის გამოყენება. გარემომცველი ჰაერის გაცივების არსებული მეთოდები და მოწყობილობები კონსტრუქციულად რთულია და მოითხოვენ მნიშვნელოვან მატერიალურ და ენერგეტიკულ დანახარჯებს. აღნიშნული დანახარჯების შემცირების მიზნით დამუშავებულია ჰაერის გამაცივებელი მარტივი მოწყობილობის პრინციპული სქემა, რომლის მუშაობა ემყარება ცილინდრში ჰაერის ადიაბატური გაფართოების შედეგად მისი გაცივების პროცესს.

**საკვანძო სიტყვები:** გაცივება, გაფართოება, დგუში, კონსტრუქცია, ცილინდრი.

### შესავალი

მრეწველობის მრავალ დარგში და, მათ შორის, სურსათის წარმოებაში, ფართოდ გამოიყენება თბური პროცესები, რომელთა დასრულების შემდეგ აუცილებელი ხდება მიღებული ნედლეულისა თუ საბოლოო პროდუქტების გაცივება. თუ გაცივება საჭიროა გარემოს ტემპერატურამდე, ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ბუნებრივი გაცივების გამოყენება, როდესაც პროდუქტი ცივდება გარემო ჰაერის ზემოქმედებით, ხოლო პროცესის დაჩქარების მიზნით ხორციელდება ამ ჰაერის იძულებითი ცირკულაცია ვენტილატორების გამოყენებით. საქმე უფრო რთულადაა, როდესაც საჭიროა პროდუქტის გაცივება გარემოზე უფრო დაბალ ტემპერატურამდე. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელი ხდება სპეციალური გამაცივებელი მოწყობილობების გამოყენება. გაცივებისათვის გამოყენებულ საშუალებებს შორის შეიძლება აღინიშნოს ჰაერით, სხვადასხვა სითხეებით, მაცივრებით, კონდიციონერებით და სხვა საშუალებებით გაცივება.

სასურსათო პროდუქტების გაცივებისათვის მრავალი სხვადასხვა ხერხი გამოიყენება, რომელთაგან ჰაერით გაცივება ყველაზე მეტად მოხერხებულია, რადგან ჰაერის უშუალო კონტაქტი სასურსათო პროდუქტების უმრავლესობასთან სავსებით მისაღებია მაშინ, როდესაც ნებისმიერ სითხეებთან ასეთი კონტაქტი დაუშვებელია. სითხეებით გაცივების შემთხვევაში მათთვის აუცილებელი ხდება სპეციალური მილგაყვანილობების მოწყობა, რათა პროდუქტი არ დასველდეს და გაფუჭდეს.

ჰაერის გაცივების დღეისათვის გამოყენებულ საშუალებებს შორის ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ჰაერის კონდიციონერება, რომელიც უზრუნველყოფს ჰაერისათვის საჭირო ტემპერატურისა და ტენიანობის ზუსტი მნიშვნელობების მინიჭებას. ჰაერის კონდიციონერების დღევანდელი სისტემები ხასიათდება მრავალი ფუნქციით, როგორცაა საჭიროების შესაბამისად ჰაერის გაცივება ან გათბობა,

დატენიანება ან შეშრობა, ვენტილაცია და გაწმენდა (გაფილტვრა), ჟანგბადის კონცენტრაციის ამაღლება და სხვ. მაგრამ ეს შესაძლებლობები მიიღწევა კონდიციონერის კონსტრუქციის გართულების ხარჯზე, რადგან მათი რეალიზაციისათვის აუცილებელი ხდება კონდიციონერში სხვადასხვა სახის გამათბობლების, მორწყვის სისტემების, კომპრესორის საორთქლებლების, აზოტის მოსაცილებელი მოდულგენერატორების და სხვათა ჩაყენება. ეს კი ართულებს და აძვირებს როგორც თვით კონდიციონერის კონსტრუქციას, ისე მისი გამოყენებით გაცივებული ჰაერის მიღებას. შედარებით მარტივი კონსტრუქციისა და მცირე ღირებულების საოჯახო კონდიციონერები, რომლებშიც მორწყვისა და გათბობის სისტემები არ გამოიყენება, შესაბამისად მოკლებულია ამა თუ იმ საჭირო ფუნქციის შესრულების უნარს. საოჯახო კონდიციონერების ერთ-ერთ ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ასევე კონდიციონერულ სათავსში ჰაერის ტენშემცველობის შემცირება (ჰაერის გაშრობა), რაც არასასურველია როგორც ადამიანებისათვის, ასევე სასურსათო პროდუქტების უმრავლესობისათვის.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით დაისვა მარტივი ჰაერგამაცივებელი მოწყობილობის დამუშავების საკითხი, რომელიც არ მოახდენს გაცივების პროცესში ჰაერის ტენშემცველობის ცვლილებას და, ამავე დროს, იქნება კონსტრუქციულად მარტივი და დამზადებისა და გამოყენების თვალსაზრისით იაფი. ჰაერის გაცივებისათვის გამოყენებულია ცილინდრში მისი ადიაბატური გაფართოების ეფექტი.

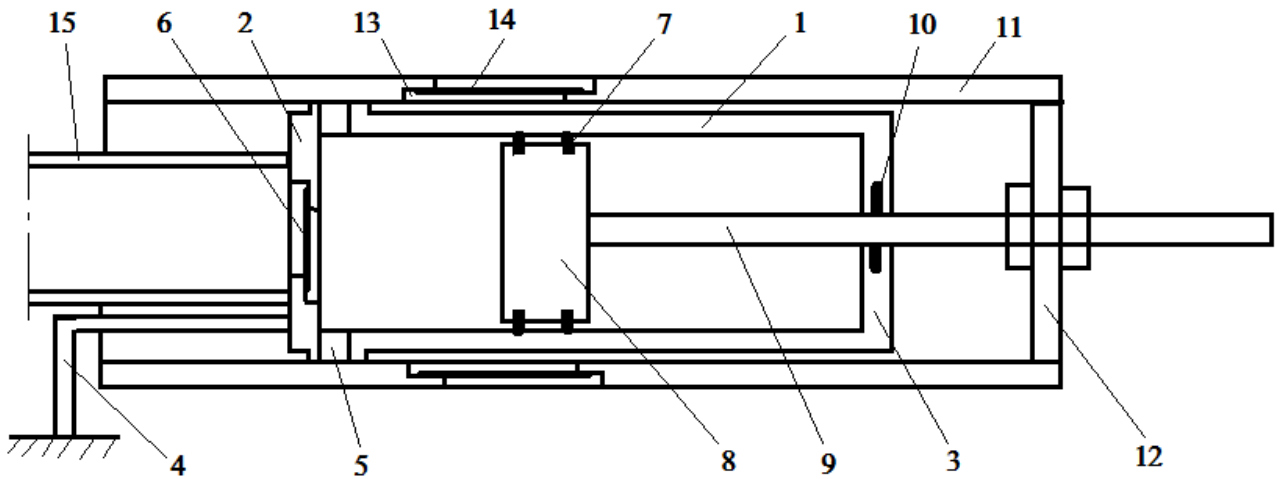
### ძირითადი ნაწილი

გამაცივებელი მოწყობილობის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ცილინდრი 1, რომლის ერთი ტორსული კედელი დახშულია ზედაპირით 2, მეორე მხარეზე კი განლაგებულია სახურავი 3. ცილინდრი უძრავადაა დამაგრებული საყრდენზე 4. ცილინდრის დახშული ტორსული კედლის მიმდებარედ გაკეთებულია რადიალური ნახვრეტები 5, ხოლო თვით ამ ზედაპირზე 2 განლაგებულია დამჭირხნი სარქველები 6 (მაგალითად, პირდაპირი დინების ზოლისებურიფორფიტების ტიპის).

ცილინდრის შიგნით განლაგებულია გამამკვრივებელი რგოლების 7 მქონე დგუმი 8, რომელიც ჭოკის 9 დახმარებით ასრულებს წინსვლით-უკუქცევით მოძრაობას. ჭოკი ცილინდრის სახურავში 3 განლაგებულია გამამკვრივებლების დახმარებით.

ცილინდრის გარე ზედაპირზე სრიალის ხახუნით დასმულია ჭიქა 11, რომელიც ღეროების 12 დახმარებით ხისტადაა დაკავშირებული დგუმის ჭოკთან 9. ჭიქას გაკეთებული აქვს გრძივი გამჭოლი ღარები 13, რომლებშიც განლაგებულია შემწოვი სარქველები 14. ღარების 13 რაოდენობა ემთხვევა ცილინდრის ნახვრეტების 5 რაოდენობას. ამასთან, ჭიქა იმგვარადაა განლაგებული ცილინდრის მიმართ, რომ მასში ამოჭრილი ღარები და ნახვრეტები ერთმანეთს ემთხვევა.

ცილინდრის ტორსულ ზედაპირზე 2 დამაგრებულია მილგაყვანილობა 15 ისე, რომ დამჭირხნი სარქველი 6 მოთავსებულია მის შიგნით. დგუმის ჭოკი მიერთებულია ამძრავთან, რომელიც უზრუნველყოფს მის წინსვლით-უკუქცევით ხაზოვან მოძრაობას ცილინდრის შიგნით.



ნახ. 1. ჰაერის გაცხელებელი მოწყობილობის პრინციპული სქემა

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს.

საწყის მდგომარეობაში დგუში მაქსიმალურადაა შესული ცილინდრში და იმყოფება ტორსულ ზედაპირთან 2. როდესაც დგუში იწყებს გადაადგილებას მარცხნიდან მარჯვნივ, ამ დროს დგუშსა და ტორსულ კედელს 2 შორის წარმოიქმნება გაიშვიათება. ამის შედეგად დამჭირხნი სარქველი 6 იკეტება. დგუშთან ერთად მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილებას იწყებს ჭიქა, რაც განაპირობებს ნახვრეტების 5 გასწვრივ ჭიქაში ამოჭრილი ღარების 13 მოხვედრას. ცილინდრის შიგნით გაჩენილი გაიშვიათების ხარჯზე ხდება შემწოვი სარქველების 14 გაღება და გარემომცველი ჰაერის შეღინება ცილინდრის მოცულობაში. აღნიშნული ჰაერი მთლიანად შეავსებს ცილინდრის შიგნით არსებულ მოცულობას ტორსულ კედელსა 2 და დგუშს შორის. მაგრამ ასეთი შევსება გრძელდება მხოლოდ იმ დროის განმავლობაში, როდესაც ნახვრეტები 5 და ღარები 13 ერთმანეთს ემთხვევა. ჭიქის შემდგომი გადაადგილების გამო ღარები დასცილდება ნახვრეტებს და მათ ადგილს იკავებს ჭიქის მთლიანი ზედაპირი, რის შედეგად ცილინდრში ჰაერის შემდგომი მიწოდება შეწყდება. ამ შემთხვევაში ჰაერი ცილინდრში ვეღარ მიეწოდება და დგუშის შემდგომი გადაადგილება უკვე განაპირობებს ცილინდრის შიგნით დარჩენილი ჩაკეტილი ჰაერის გაფართოებას. გაფართოების ხარჯზე კი ხდება ამ ჰაერის გაცივება. როდესაც დგუში ცილინდრში მიაღწევს უკიდურეს მარჯვენა მდებარეობას, ცილინდრში გვაქვს გაფართოების შედეგად გაცივებული ჰაერი.

კიდურა მარჯვენა მდებარეობიდან დგუში და ჭიქა იწყებენ საპირისპირო მიმართულებით (მარჯვნიდან მარცხნივ) მოძრაობას. ნახვრეტების 5 გავლით ამ გაცივებული ჰაერის გარემოში გასვლა შეუძლებელია, რადგან თავდაპირველად ნახვრეტები გადაკეტილია ჭიქის მთლიანი ზედაპირით, შემდეგ კი (როდესაც ნახვრეტები და ღარები ერთმანეთს დაემთხვევა) ამ ჰაერის გამოსვლას ეწინააღმდეგება ღარებში 13 განლაგებული შემწოვი სარქველები 14. ამის გამო აღნიშნული გაცივებული ჰაერი დამჭირხნი სარქველის 6 გავლით გადადის მილგაყვანილობაში 15, რომლითაც მიეწოდება მომხმარებელს.

ამგვარად, წარმოდგენილი მოწყობილობა უზრუნველყოფს ცილინდრის შიგნით ჰაერის გარკვეული რაოდენობის შეწოვას, ამ ჰაერის გაცივებას გაფართოების ხარჯზე და შემდეგ გაცივებული ჰაერის მიწოდებას მომხმარებლისათვის. შეწოვილი ჰაერის რაოდენობის ცვლილება შესაძლებელია ღარების სიგრძისა და შემწოვი სარქველების რეგულირების გზით. ცივი ჰაერის გამოსადევნად გამოიყენება მისი დაჭირხვნა, რა დროსაც ადგილი აქვს მის გარკვეულ შეთბობას. მაგრამ ამ შეთბობის ხარისხის რეგულირება მარტივადაა შესაძლებელი დამჭირხნი სარქველების 6 დახმარებით.

როგორც ვნახეთ, მოწყობილობაში ადგილი აქვს ჰაერის გაცივებას გაფართოების გზით და შემდგომ ამ გაცივებული ჰაერის დაჭირხვნას მომხმარებლისათვის მიწოდების მიზნით. გაცივებისა და შეთბობის საერთო ჯამი კი უნდა იძლეოდეს ჰაერის გაცივების საბლოო შედეგს. ამიტომ განვსაზღვროთ ჰაერის გაცივების ხარისხი წარმოდგენილ მოწყობილობაში.

აირის ორი სხვადასხვა მდგომარეობისათვის მენდელეე-კლაპეირონის ფორმულას ექნება სახე:

$$\begin{aligned} P_1 \cdot V_1 &= m \cdot R \cdot T_1 \\ P_2 \cdot V_2 &= m \cdot R \cdot T_2 \end{aligned}$$

მდგომარეობის ცვლილება შეადგენს

$$P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2 = m \cdot R \cdot (T_1 - T_2)$$

ცნობილია, რომ შინაგანი ენერგია იდეალური და მასთან მიახლოებული აირებისათვის წარმოადგენს მხოლოდ ტემპერატურის ფუნქციას

$$dU = m \cdot C_v \cdot (T_1 - T_2)$$

აქედან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$T_1 - T_2 = dT = \frac{dU}{m \cdot C_v}$$

მიღებული მნიშვნელობის ჩასმით აირის მდგომარეობის ცვლილების გამომსახველ ფორმულაში, გვექნება:

$$P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2 = dU \cdot \frac{R}{C_v}$$

მიღებული დამოკიდებულებიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ აირის გაფართოებაზე დახარჯული მუშაობა

$$dU = \frac{C_v}{R} \cdot (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

მარჯვენა გამოსახულების პირველი თანამამრავლი შეიძლება წარმოვადგინოთ ადიაბატის კოეფიციენტის დახმარებით

$$\frac{C_v}{R} = \frac{1}{K - 1}$$

ამიტომ მიღებული გამოსახულება შეიძლება დაიწეროს შემდეგი სახით:

$$dU = \frac{1}{K - 1} \cdot (P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2)$$

ესაა მუშაობა, რომელიც იხარჯება აირის საწყისი ( $P_1 \cdot V_1$ ) მდგომარეობიდან საბოლოო ( $P_2 \cdot V_2$ ) მდგომარეობაში გადასაყვანად.

რადგან  $P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2 = m \cdot R \cdot (T_1 - T_2)$ , ამიტომ აირის მდგომარეობის ცვლილებაზე დახარჯული მუშაობა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$dU = \frac{1}{K - 1} \cdot m \cdot R \cdot (T_1 - T_2) = \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_1 - T_2)$$

მიღებული ფორმულის თანახმად შეიძლება ითქვას, რომ:

თუ  $T_1 > T_2$ , მაშინ ადგილი აქვს აირის გაცივებას და შესრულებული მუშაობა  $dU > 0$ ;

თუ  $T_1 < T_2$ , მაშინ ადგილი აქვს აირის გათბობას და შესრულებული მუშაობა  $dU < 0$ ;

თუ  $T_1 = T_2$ , მაშინ აირის ტემპერატურა არ იცვლება და შესრულებული მუშაობა  $dU = 0$ .

შესაბამისად ვღებულობთ, რომ როდესაც ცილინდრში ადგილი აქვს აირის გაფართოებას, მაშინ მიმდინარეობს ამ აირის გაცივება და დგუმის გადაადგილებაზე დახარჯული მუშაობა დადებითია:

$$dU_{გაფ} = \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_1 - T_2)$$

როდესაც დგუში ცილინდრში მოძრაობს საპირისპირო მიმართულებით, მაშინ ცილინდრში არსებული აირი კუმშება და შეკუმშვაზე დახარჯული მუშაობა უარყოფითია:

$$dU_{გაგ} = \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_2 - T_3)$$

ჩვენს შემთხვევაში ძირითად მიზანს წარმოადგენს აირის გაფართოება და ამ გზით მისი გაცივება, რისთვისაც ხდება დეგუმის ცილინდრში იმგვარად გადაადგილება, რომ მასში არსებული აირი საწყისი ( $P_1 \cdot V_1$ ) მდგომარეობიდან გადაყვანილი იქნეს საბოლოო ( $P_2 \cdot V_2$ ) მდგომარეობაში. გაცივებული აირის ცილინდრიდან გამოყვანისათვის კი ხდება დეგუმის მოძრაობა საპირისპირო მიმართულებით. ამ დროს აირი იკუმშება და შესაბამისად, შეთბება. ჩვენს შემთხვევაში სუსტი ზამბარების მქონე სარქველი უზრუნველყოფს აირის ძალზე მცირე ძალით შეკუმშვას და შესაბამისად მის მცირე სიდიდით შეთბობას. ამასთან, ცილინდრიდან ხდება გაცივებული აირის მაქსიმალური რაოდენობის გამოდევნა, თუმცა სრული გამოდევნა შეუძლებელია (სარქველების კონსტრუქციული შესრულებისა და ცილინდრის ტორსულ კედელზე დეგუმის შეჯახების დაუშვებლობის გამო). ამიტომ აღნიშნული შეკუმშვის და ცილინდრიდან აირის მეტი წილის გამოდევნის შემდეგ აირის საბოლოო მდგომარეობას ექნება ( $P_3 \cdot V_3$ ) სახე.

როგორც ვნახეთ, დეგუმის ერთ სვლაზე გვაქვს დადებითი მუშაობა, ხოლო მეორე სვლაზე - უარყოფითი. სრული მუშაობა ტოლი იქნება აღნიშნულ მუშაობათა ალგებრული ჯამისა:

$$dU_{სრ} = dU_{გაფ} - dU_{შკვ} = \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_1 - T_2) - \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_2 - T_3) = \frac{m \cdot R}{K - 1} \cdot (T_1 - T_3)$$

მიღებული ფორმულიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ დეგუმის ერთი სრული სვლის შემდეგ ცილინდრიდან გამოდევნილი აირის საბოლოო ტემპერატურა:

$$T_3 = T_1 - \frac{dU_{სრ} \cdot (K - 1)}{m \cdot R} = T_1 - \frac{(dU_{გაფ} - dU_{შკვ}) \cdot (K - 1)}{m \cdot R}$$

როგორც მიღებული ფორმულიდან ჩანს, გამაცივებელი მოწყობილობიდან გამოსული აირის ტემპერატურა დამოკიდებულია ცილინდრში შეყვანილი აირის (ჰაერის) საწყის ტემპერატურაზე, აირის მუდმივაზე და მის მასაზე, ადიაბატას მაჩვენებელზე და აირის გაფართოებასა და მისი ცილინდრიდან გამოდევნისათვის შესრულებულ მუშაობაზე.

მოწყობილობაში გაცივებული აირის ტემპერატურა მით უფრო დაბალია (ანუ მით უფრო მეტია მოწყობილობის ეფექტურობა), რაც უფრო დაბალია ცილინდრში შეყვანილი გარემომცველი აირის ტემპერატურა და რაც უფრო ნაკლებია გაფართოებისათვის გამოყენებული აირის მასა. ამასთან, ფორმულიდან ჩანს, რომ რაც მეტია გაფართოებაზე დახარჯული მუშაობა  $dU_{გაფ} > dU_{შკვ}$ , მით მეტად ცივდება აირი და პირიქით. თუ ეს ორივე მუშაობა ტოლია  $dU_{გაფ} = dU_{შკვ}$ , მაშინ აირის ტემპერატურა არ იცვლება და  $T_3 = T_1$ .

## დასკვნა

წარმოდგენილი გამაცივებელი მოწყობილობის დადებით მხარეებად შეიძლება ჩაითვალოს კონსტრუქციის სიმარტივე, მუშაობის საიმედოობა, მცირე ენერგეტიკული, დანახარჯები, მცირე მასალატევადობა და გაბარიტები. აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოება, რომ მოწყობილობა არ ცვლის ჰაერის ტენშემცველობას და, შესაბამისად, ადგილი არ აქვს ჰაერის გაშრობის ეფექტს.

## გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. თ. მეგრელიძე, ვ. ღვაჩლიანი, ე. სადალაშვილი, გ. გუგულაშვილი - ახალი ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების გამოყენება სიცივის მისაღებად. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ შრომათა კრებული, ქუთაისი, 2010 წ., 189-193 გვ.;
2. თ. მეგრელიძე, ვ. ღვაჩლიანი, თ. კორძაბია, ლ. გუგულაშვილი, თ. ღვაჩლიანი, გ. მეგრელიძე, გ. გუგულაშვილი - ავტომობილში ჰაერის კონდიცირების სისტემა, საპატენტო სიგელი № GE P 5328 B. 10.11.2011 წ., კლასი B 60 H 1/00;

3. თ. მეგრელიძე, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი, გ. ბერუაშვილი - ჰაერის კონდიციონების ახალი სისტემა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012 წ. № 2 (484), გვ. 92-97;
4. გ. გოლეთიანი, ლ. პაპავა, გ. გუგულაშვილი, გ. პირველი, გ. ბერუაშვილი - საშრობიდან გამომავალი ფხვიერი პროდუქტების გამაცივებელი მოწყობილობა, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “კვების პროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების პრობლემები“ შრომათა კრებული, თბილისი, 26.11.2016 წ. გვ. 99-104;
5. თ. მეგრელიძე, თ. ისაკაძე, გ. გუგულაშვილი - გარემომცველი ჰაერის ტემპერატურის გაფართოებულ დიაპაზონში მომუშავე უნივერსალური სპლიტ კონდიციონერი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017 წ. № 1 (503), გვ. 87-93.

### **Piston Air Cooling Device**

**Givi Goletiani, Tamaz Isakadze, Zurab Iazarashvili, Givi Gugulashvili,  
Vakhtangi Kirtadze**

#### **Abstract**

In food technology, various thermal processes are widely used, after which it becomes necessary to cool the products obtained. Of the various cooling methods to speed up the process, the most suitable for food products is the use of chilled air. The currently used methods and devices for air cooling are characterized by a complex design, significant material and energy costs. A schematic diagram of a new device for air cooling, which uses the effect of adiabatic gas expansion, has been developed. The device has a simple design and low costs for manufacturing and operation.

### **Поршневое устройство для охлаждения воздуха**

**Гиви Голетиани, Тамаз Исакадзе, Зураб Лазарашвили, Гиви Гугулашвили,  
Вахтанги Киртадзе**

#### **Резюме**

В пищевой технологии широко применяются разные тепловые процессы, после которых становится необходимым охлаждение полученных продуктов. Из многообразных способов охлаждения для ускорения процесса наиболее приемлемым для пищевых продуктов является использование охлажденного воздуха. Применяемые в настоящее время методы и устройства для охлаждения воздуха характеризуются сложной конструкцией, значительными материальными и энергетическими затратами. Разработана принципиальная схема нового устройства для охлаждения воздуха, в котором используется эффект адиабатического расширения газа. Устройство отличается простой конструкцией и малыми затратами на изготовление и эксплуатацию.



## მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტების როტაციული ფრეზვის პროცესის კვლევა

ზაურ ჩიტიძე\*, იგორ გელაშვილი\*, ეკა სარიშვილი\*\*, მაკა ჟღენტი\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

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

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტის როტაციული ფრეზვის პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევა მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით. კერძოდ გამოყვანილია რეგრესიის განტოლებები  $P_x$ ;  $P_z$ ;  $P_y$ ; მდგენელი ძალების დამოკიდებულება სამ ცვლად ფაქტორზე: ჭრის სიჩქარეზე  $V$  (მ/წმ); მიწოდების სიჩქარეზე  $U$  (მ/წმ); და ჭრის სიმაღლეზე  $h$  (მმ). აგებულია შესაბამისი გრაფიკული დამოკიდებულებები ჭრის მდგენელი ძალებისა და ზემოაღნიშნული ცვლადი ფაქტორებისა.

**საკვანძო სიტყვები:** ჭრის ძალა, მერქანპოლიმერული კომპოზიტი, მათემატიკური დაგეგმარება, რეგრესიის განტოლება.

### შესავალი

მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტის როტაციული ფრეზვის პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევა მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით გვაძლევს შესაძლებლობას დავადგინოთ ოპტიმალური რეჟიმული ფაქტორები სხვადასხვა პარამეტრების გამოყენებით (ჭრის სიჩქარე, მიწოდების სიჩქარე, ჭრის სიღრმე, აქედან გამომდინარე ზედაპირის სისუფთავის ხარისხი უმცირეს სიმძლავრის დანახარჯებში.

განვიხილოთ მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული (მ.პ.კ) კომპოზიტის როტაციული ფრეზვით დამუშავების ძალური პარამეტრები. მ.პ.კ.-ის სიმკვრივე 700-750 კგ/მ<sup>3</sup> ; სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე 30-35 მპა; დრეკადობის მოდული ღუნვაზე 3500-4000 მპა; სისალე 20-27 მპა.

### ძირითადი ნაწილი

ენერგოდალური პარამეტრების კვლევას ვატარებთ მათემატიკური დაგეგმარების გამოყენებით, რის საფუძველში დევს სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტი.

მუდმივ ფაქტორებად ჩავთვალოთ:

1. დასამუშავებელი მასალა - მ.პ.კ. რომლის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მოყვანილია ზემოთ.
2. მჭრელი ინსტრუმენტი - დისკური ფრეზი  $\varnothing 100$  მმ. აღჭურვილი სალიშენადნობიანი საჭრისებით BK 20 მარკის მასალით; კბილთა რიცხვი  $z=4$ .

ცვლადი ფაქტორებად ვიყენებთ:

1.  $V$  - ჭრის სიჩქარეს (მ/წმ);
2.  $U$  - მიწოდების სიჩქარეს (მ/წმ);
3.  $t$  - ჭრის სიღრმეს (მმ).

ნატურალურ და კოდირებულ მნიშვნელობებს შორის კავშირს ვამყარებთ ფორმულა (1) საშუალებით:

$$X_1 = \frac{X - X_{10}}{\Delta X_1} \quad (1)$$

სადაც,  $X_1$  - დამოუკიდებელი პირობითი ცვლადია;  
 $X$  - ფაქტიური ცვლადის მიმდინარე მნიშვნელობაა;  
 $X_{10}$  - ფაქტიური მნიშვნელობა ნულოვან დონეზე;  
 $\Delta X_1$  - ვარირების ინტერვალი.

მაშასადამე, ყოველი ცვლადი  $X_1$  ვარირდება ორ დონეზე  $X_{1\text{ზედა}}$  და  $X_{1\text{ქვედა}}$  და სიმეტრიულად არიან განლაგებული ბაზისურ (ნულოვან) დონის  $X_{10}$  მიმართ. სტანდარტირების და გაანგარიშების გამარტივების მიზნით მათ ვაკოდირებთ ციფრებით -1; 0; +1.

0-ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ნულოვანი დონე.

(-1)-ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ქვედა დონე, ხოლო (+1) -ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ზედა დონე.

ექსპერიმენტის ჩატარების წესი განისაზღვრება პლანირების მატრიცით. სრუკფაქტორიანი ექსპერიმენტის ჩატარებისას ცდების რაოდენობას ვსაზღვრავთ ფორმულით:

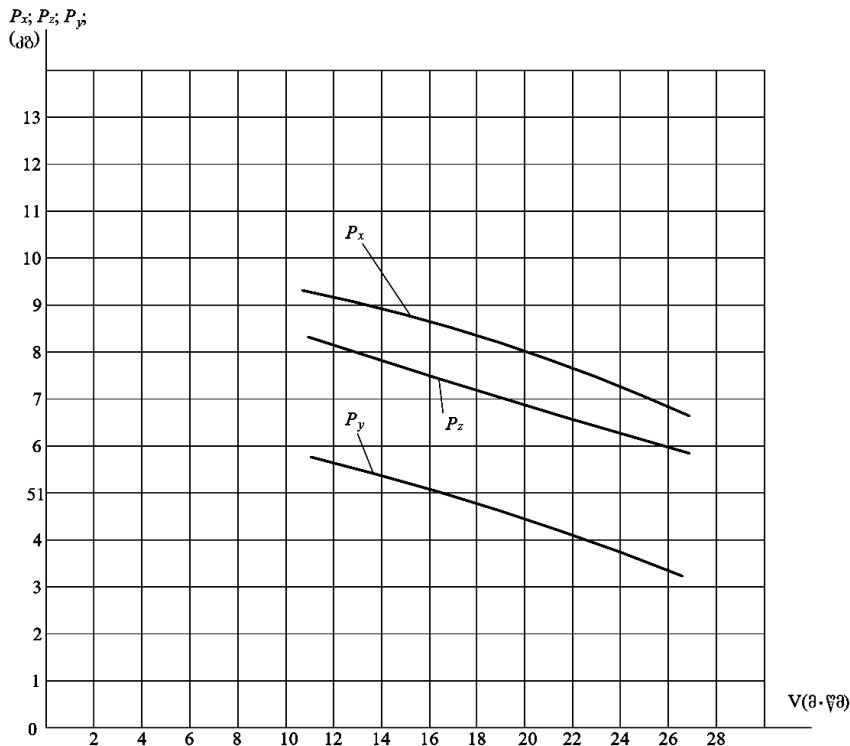
$$N = 2^k,$$

სადაც,  $K$  - ცვლადი ფაქტორების რაოდენობაა.

ჩვენ შემთხვევაში  $K = 3$ , შესაბამისად

$$N = 2^3 = 8.$$

მაშასადამე, სამ ფაქტორიან ექსპერიმენტებს სჭირდება არანაკლები 8 ცდის ჩატარება.



ნახ.1  $P_x$ ,  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება ჭრის სიჩქარეზე  $V$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.; მიწოდების სიჩქარე  $U_{\text{მაშ.}} = 2,0$  მ/წთ; ჭრის სიღრმე  $t = 3,0$  მმ)

სამ ფაქტორიანი ექსპერიმენტის ჩასატარებლად ვადგენთ ცხრილებს, რომელსაც ეწოდება დაგეგმვის მატრიცა  $X_0$ -ით აღნიშნულია ფორმალური ცვლადი, რომელიც შეესაბამება რეგრესიის განტოლების თავისუფალ წევრს, რომლის მნიშვნელობა ყოველივე ცდაში მიღებულია.

ამ ცხრილის მიხედვით ვახორციელებთ ექსპერიმენტებს და ყველა გამოთვლებს.

ჩატარებული კვლევების შედეგად მივიღეთ რეგრესიის განტოლებები და მათ საფუძველზე ავაგეთ შესაბამისი გრაფიკები.

$$P_{x\text{ფაქტ.}} = 2,48 - 0,18V + 1,4U + 1,89t.$$

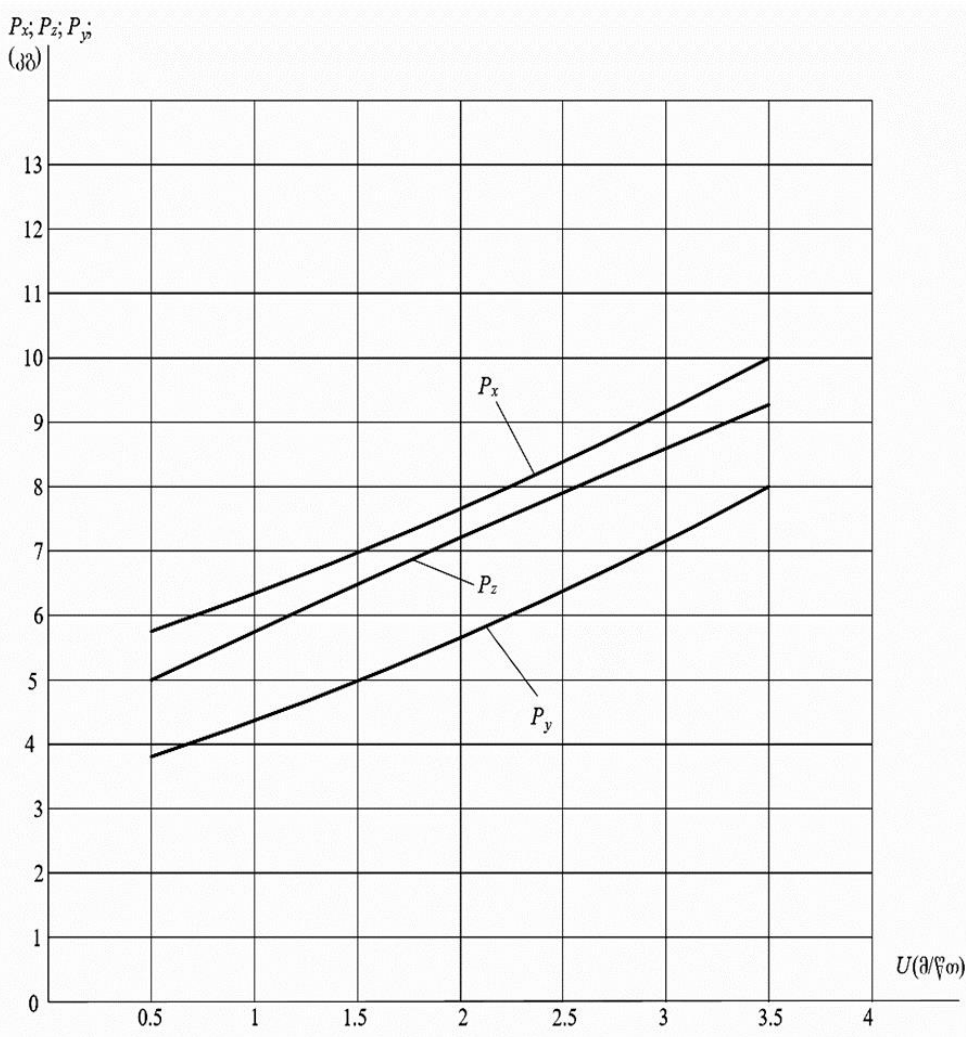
$$P_{y\text{ფაქტ.}} = 1,48 - 0,17V + 1,44U + 2,03t.$$

$$P_{z\text{ფაქტ.}} = 1,04 - 0,13V + 1,09U + 1,53t.$$

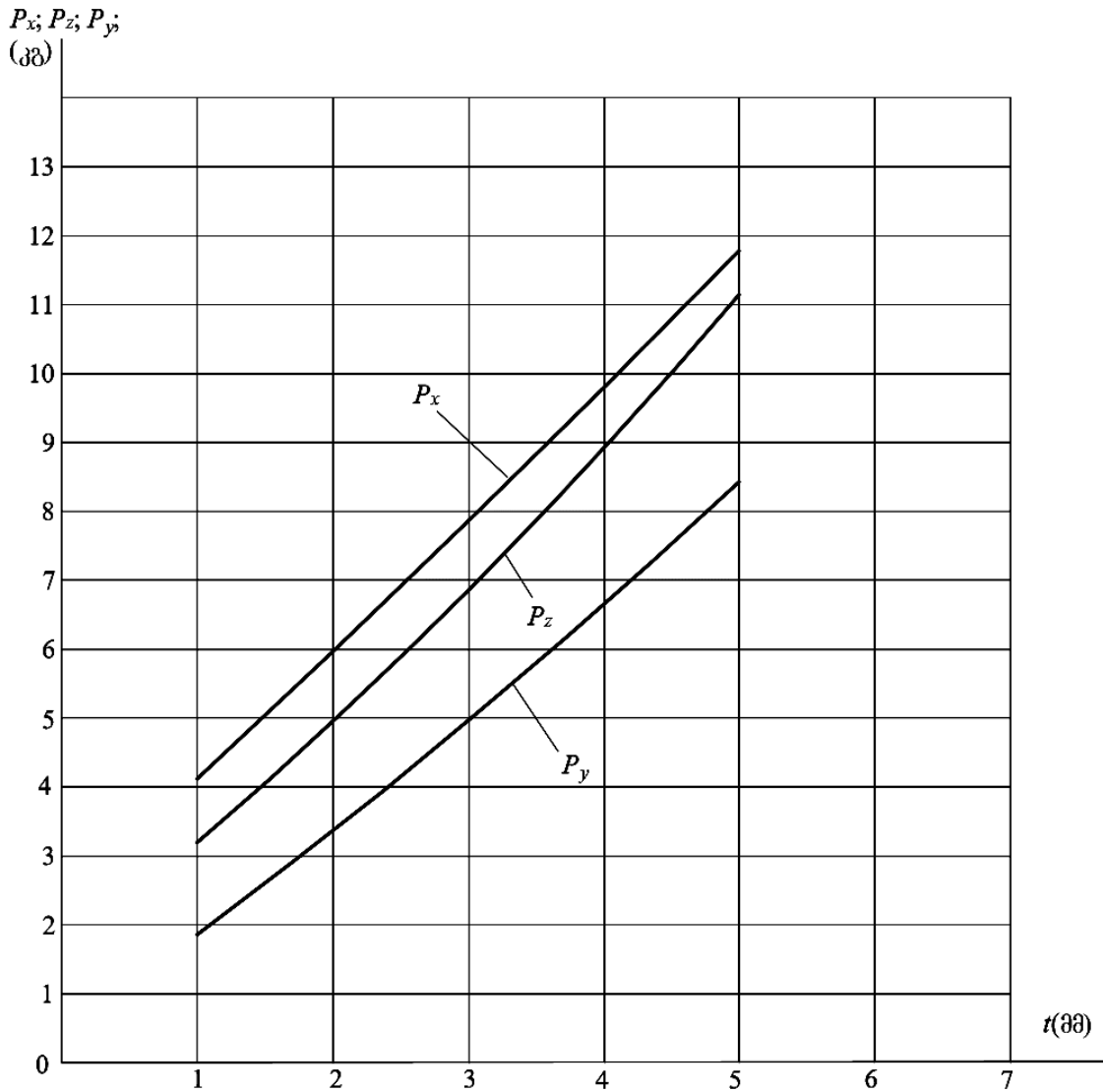
სადაც,  $P_x$  - გრძივი ძალა;

$P_y$  - განივი ძალა;

$P_z$  - ვერტიკალური ძალა.



ნახ.2  $P_x$ ,  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება მიწოდების სიჩქარეზე  $U$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.; ჭრის სიჩქარე  $V_{საშ.} = 18,9$  მ/წთ; ჭრის სიღრმე  $t = 3,0$  მმ)



**ნახ. 3**  $P_x$ ,  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება ჭრის სიღრმეზე  $t$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.; ჭრის სიჩქარე  $V_{საშ.}=18,9$  მ/წმ; მიწოდების სიჩქარე  $U=2$  მ/წთ)

### დასკვნები

დადგინდა, რომ როტოფრეზირების პროცესის გამოყენება გარე ცილინდრული ზედაპირების დასამუშავებლად არის ძალზე წარმოებლური და ეკონომიური ტრადიციული ახარატების პროცესთან შედარებით. როტოფრეზის პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევამ გვიჩვენა, რომ ჭრის მდგენელი ძალები მატულობენ მიწოდების სიჩქარის და ჭრის სიღრმის მატებასთან ერთად, აგრეთვე ჭრის მდგენელი ძალები მცირდება ჭრის სიჩქარის მატებასთან ერთად.

**გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა**

1. ზ. ჩიტძე, ი. გელაშვილი, თ. მონიავა, მ. ჟღენტი, ე. სარიშვილი, პ. კაპანაძე - „მსუბუქი მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (1 ნაწილი), ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(53) თბილისი, 2022წ.;
2. ზ. ჩიტძე, ი. გელაშვილი, თ. მონიავა, მ. ჟღენტი, ე. სარიშვილი, პ. კაპანაძე - „მძიმე მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (11 ნაწილი), ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(53) თბილისი, 2022წ.

**RESEARCH OF LIGHTWEIGHT WOOD-POLYMER COMPOSITES  
ROTARY MILLING PROCESS**

**Zaur Chitidze, Igor Gelashvili, Eka Sarishvili, Maka Zhgenti**

**Abstract**

In the article is considered the study of the energy parameters of the rotary milling process of the lightweight wood-polymer composite using the mathematical planning method. In particular, the regression equations  $P_x$ ;  $P_z$ ;  $P_y$ ; dependence of cutting forces on three variable factors: cutting speed  $V$  (m/s); on support speed  $U$  (m/s); and cutting height  $\hat{h}$  (mm). Corresponding graphic dependences of the cutting forces and the above mentioned variable factors are constructed.

**Исследование процесса ротационного фрезерования древеснополимерных  
композитов**

**Заур Читидзе, Игорь Гелашвили, Эка Саришвили, Мака Жгенти**

**Резюме**

В статье исследуются энергосиловые параметры процесса ротационного фрезерования древеснополимерных композитов с использованием методики математического планирования эксперимента. В результате проведенных экспериментов выведены уравнения регрессии составляющих сил резания  $P_x$ ;  $P_y$  и  $P_z$ (кг) в зависимости от трех переменных факторов: скорости резания  $V$ (м/сек); скорости подачи (м/мин) и глубины резания(мм). Построены соответствующие графические зависимости составляющих сил резания от вышеперечисленных факторов.

## მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ახარატების პროცესის კვლევა

ზაურ ჩიტიძე\*, იგორ გელაშვილი\*, ეკა სარიშვილი\*\*, მაკა ჟღენტი\*\*\*

\*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

\*\*დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი;

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

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

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტის ახარატების პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევა ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით. შედეგად გამოყვანილია რეგრესიის განტოლებები  $P_x$ ;  $P_z$ ;  $P_y$ ; მდგენელი ძალების სამ ცვლად ფაქტორზე: ჭრის სიჩქარეზე  $V$  (მ/წმ); საჭრისის წინა კუთხე (გრად); საჭრისის მთავარი კუთხე გეგმაში (გრად). აგებულია შესაბამისი დამოკიდებულებები ჭრის მდგენელი ძალებისა და ზემოაღნიშნული ცვლადი ფაქტორებისა.

**საკვანძო სიტყვები:** ჭრის ძალა, მერქანპოლიმერული კომპოზიტი, მათემატიკური დაგეგმარება, რეგრესიის განტოლება.

### შესავალი

როგორც აღინიშნა მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტის ახარატების პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევას ვახდენთ მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით.

განვიხილოთ მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული (მ.პ.კ) კომპოზიტის ძალური პარამეტრები. მ.პ.კ.-ის სიმკვრივე 700-750 კგ/მ<sup>3</sup> ; სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე 30-35 მპა; დრეკადობის მოდული ღუნვაზე 3500-4000 მპა; სისალე 20-27 მპა.

### ძირითადი ნაწილი

როგორც აღინიშნა ძალური პარამეტრების კვლევას მათემატიკური დაგეგმარების გამოყენებით, რის საფუძველში დევს სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტი.

მუდმივ ფაქტორებად ჩავთვალოთ:

1. დასამუშავებელი მასალა - მ.პ.კ. რომლის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მოყვანილია ზემოთ;
2. მჭრელი ინსტრუმენტი - სახარატო საჭრისი აღჭურვილი BK20 ტიპის სალიშენადნობიანი ფირფიტით;
3. ნაშხადის დიამეტრი  $\varnothing 140$  მმ; სიგრძე 1200მმ;
4. შპინდელის ბრუნთა სიხშირე  $n=2000$  ბრ/წთ; ჭრის სიღრმე  $t=4$  მმ.

ცვლადი ფაქტორები შემდეგია:

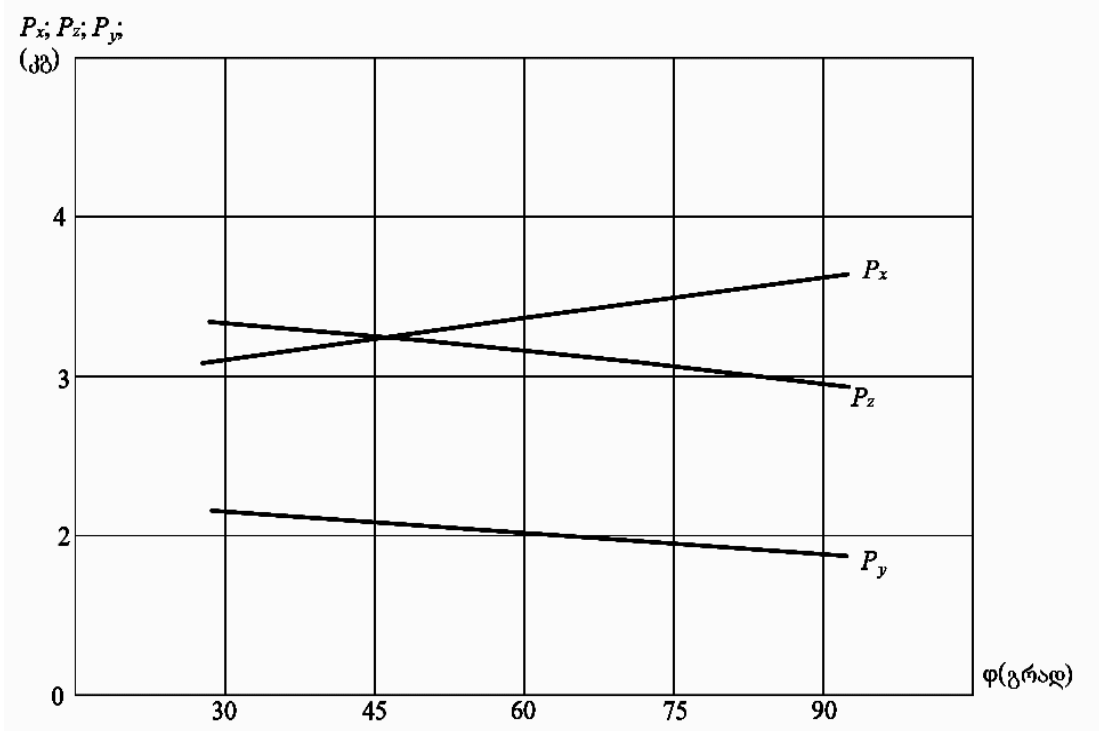
- 1.სახარატო საჭრისის წინა კუთხე  $\gamma$ (გრად.) –  $10^0$
2. სახარატო საჭრისის მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi$ (გრად.)- $30^0$ - $90^0$
3. მიწოდების სიჩქარე  $U$  (მმ/წთ). – 0,2 – 1 მმ/წთ.

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მივიღებთ რეგრესიის განტოლებები და ავაგეთ შემდეგი გრაფიკები.

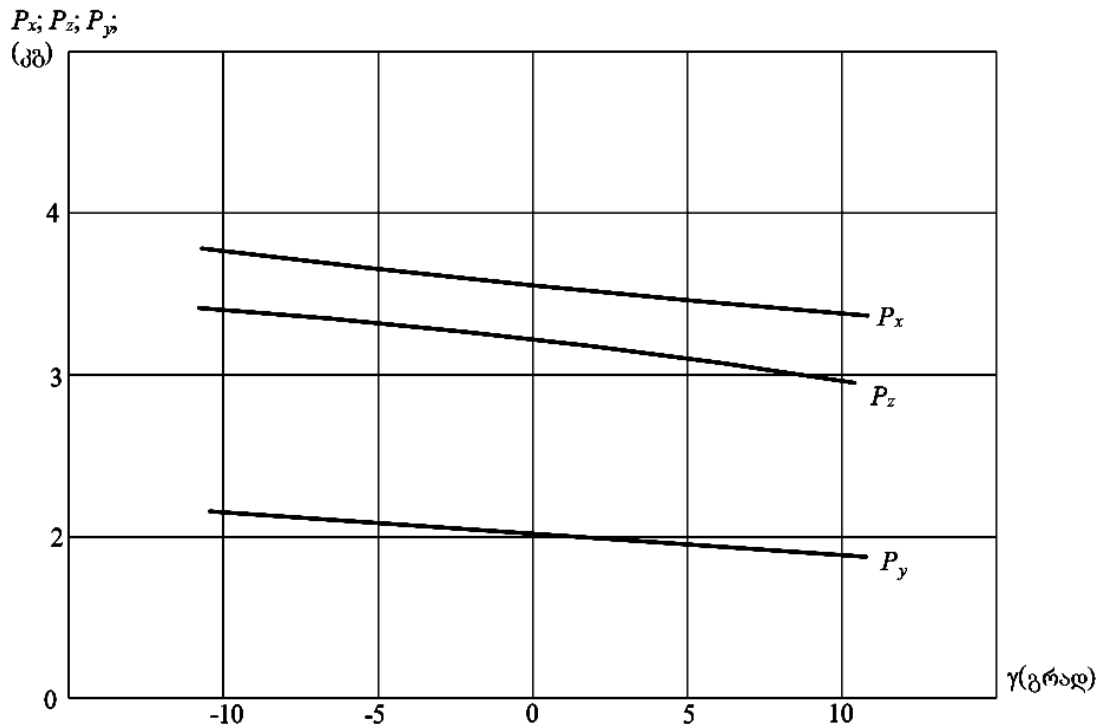
$$P_{x\text{ფაქტ.}} = 2,4 - 0,018y + 0,0063\varphi + 1,88U.$$

$$P_{z\text{ფაქტ.}} = 1,72 - 0,0113y + 0,007\varphi + 1,994U.$$

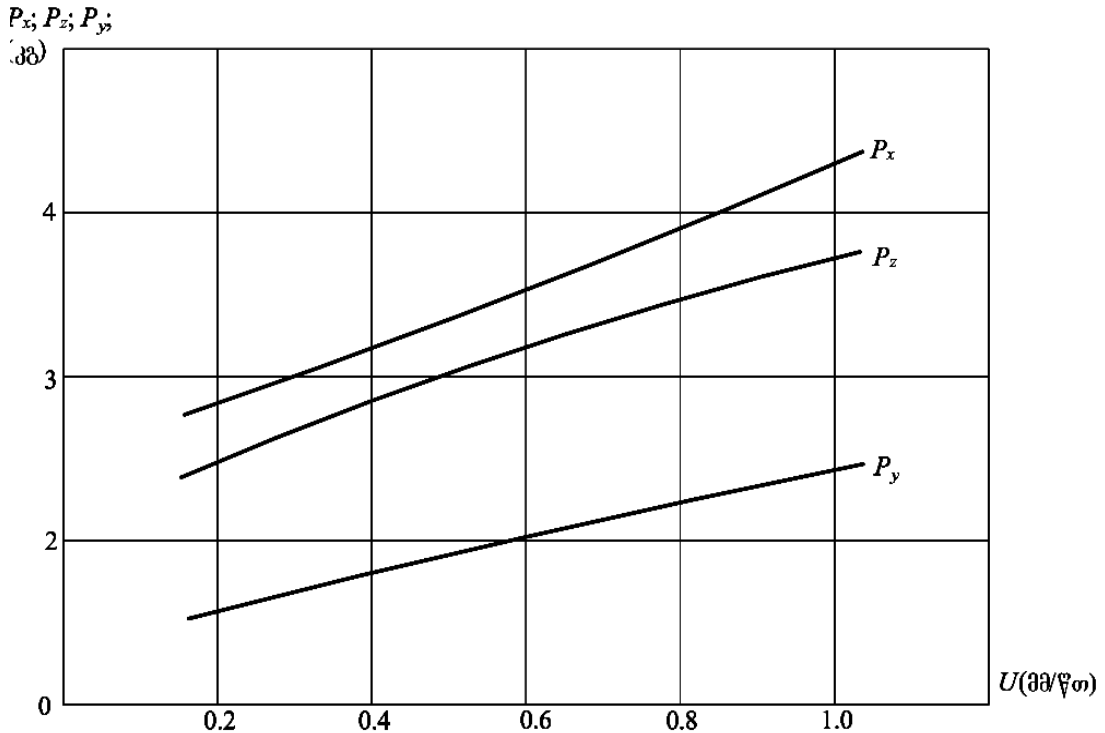
$$P_{y\text{ფაქტ.}} = 1,49 - 0,0084y + 0,0047\varphi + 1,328U.$$



ნახ.1  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება საჭრისი მთავარ კუთხეზე გეგმაში.  $\varphi$  (დასამუშავებელი მასალა მ.პ.კ. მიწოდების სიჩქარე  $U=0,6$  მ/წთ; წინა კუთხე  $\gamma=0^\circ$ )



ნახ.2  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება საჭრისის წინა კუთხეზე  $\gamma$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.); მიწოდების სიჩქარე  $U=0,6$  მმ/წთ; მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi=60^\circ$



ნახ.3  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება მიწოდების სიჩქარე  $U$  (მმ/წთ); (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ. წინა კუთხე  $\gamma=00$ ); მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi=600$ ).

### დასკვნები

დადგინდა, რომ მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიციური მასალების ახარატება ეფექტური პროცესია, და არ მოითხოვს დიდ ენერგომალურ დანახარჯებს. ამ პროცესზე ჩატარებული ენერგომალურ პარამეტრების კვლევამ გვიჩვენა, რომ ჭრის მდგენელი ძალები მატულობენ მიწოდების სიჩქარის ზრდასთან ერთად, აგრეთვე ჭრის მდგენელი ძალები კლებულობს, როგორც საჭრისის წინა კუთხის მატებისთანავე, ასევე მთავარი კუთხის გეგმაში მატებისთანავე.

### გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა

1. ზ. ჩიტბე, ი. გელაშვილი, თ. მონიავა, მ. ჟღენტი, ე. სარიშვილი, პ. კაპანაძე - „მსუბუქი მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (1 ნაწილი), ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(53) თბილისი, 2022წ.;
2. ზ. ჩიტბე, ი. გელაშვილი, თ. მონიავა, მ. ჟღენტი, ე. სარიშვილი, პ. კაპანაძე - „მძიმე მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (11 ნაწილი), ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ N1(53) თბილისი, 2022წ.



**Research of Light-weight wood-polymer composites turning process**  
**Zaur Chitidze, Igor Gelashvili, Eka Sarishvili, Maka Zhgenti**

**Abstract**

In the article is considered the study of the energy parameters of the lightweight type wood-polymer composite turning process using the method of mathematical planning of the experiment. As a result, the regression equations  $P_x$ ;  $P_z$ ;  $P_y$ ; compiler on three variable factors of forces: cutting speed  $V$  (m/s); front angle of cutting (grad); main angle of the cutting in the plan (grad). Corresponding relationships of the cutting forces and the above variable factors are constructed.

**Исследование процесса точения древеснополимерных композитов**  
**Заур Читидзе, Игор Гелашвили, Эка Саришвили, Мака Жгенти**

**Резюме**

В статье исследуются энергосиловые параметры процесса ротационного фрезерования древеснополимерных композитовс использованием методики математического планирования эксперимента. Врезультате проведенных экспериментов выявлены уравнения регрессии составляющих сил резания  $P_x$ ;  $P_y$  и  $P_z$  (кг) в зависимости от трех переменных факторов: скорости резания  $V$ (м/сек); переднего угла токарного резца (град) и главного угла вplane (град). Построены соответствующие графические зависимости составляющих сил резания от вышеперечисленных переменных факторов.

### სამეცნიერო ნაშრომის რედაქციაში წარმოდგენის წესი

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

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

ა) ნაშრომი უნდა მომზადდეს Microsoft Word-ში ცხრილებისა და ფორმულების

რედაქტორების გამოყენებით; შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს Microsoft Excel-ის პროგრამა;

ბ) სამუშაო ქაღალდის მინდვრის ზომები: ზედა - 25 მმ, ქვედა - 25 მმ, მარცხენა - 25 მმ, მარჯვენა - 25 მმ;

გ) ქართულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი უნდა აიწყოს Sylfaen – ის გარნიტურის შრიფტით, ინგლისურ და რუსულ ენებზე შესრულებული ნაშრომი კი - Times New Roman შრიფტით;

დ) ნაშრომის დასახელება უნდა აიწყოს Sylfaen გარნიტურის შრიფტით (18B); ავტორის სახელი და გვარი - Sylfaen გარნიტურის შრიფტით (14B); დასახელება ორგანიზაციის, სადაც შესრულდა სამუშაო, უნდა მიეთითოს ფრჩხილებში - შრიფტით 12B; ნაშრომის რეზიუმე უნდა შესრულდეს კურსივი შრიფტით 12; საკვანძო სიტყვები - შრიფტით 12; ნაშრომის ტექსტი - 12; რუსულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი - შრიფტით 12; ლიტერატურის ჩამონათვალის შემდეგ ერთვის რეზიუმე ინგლისურ და რუსულ ენებზე შემდეგი მითითებით: ნაშრომის დასახელება, ავტორის (ავტორების) სახელი (სრულად) და გვარი. რეზიუმეს მოცულობა უნდა იყოს 5-15 სტრიქონი;

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

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

4. ჟურნალში ქვეყნდება მხოლოდ რეცენზირებადი ნაშრომები;

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

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

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

**FOR AUTHIORS**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. В журнале публикуются только рецензируемые работы;

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

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

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

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №2 (57) 2023

TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №2 (57) 2023

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №2 (57) 2023

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

გამოდის პერიოდულობით წელიწადში სამჯერ

Published periodically for three times a year

Журнал выходит в год три раза

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

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2023წ. 25 ივნისი;  
გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი  
თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.  
Signed for printing 25: 06: 2023; Editor size 60X84 1/8; printed  
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.  
Подписано к печати 25: 06: 2023г; Формат издания л. 60X84 1/8;  
Физичесих печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.

