

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი

ISSN 1512-3537 (print)

ISSN 3038-4047 (online)

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

ESJI Eurasian
Scientific
Journal
Index
www.ESJIndex.org

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

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა

№1 (65) 2026

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი
ჟურნალი

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



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“
თბილისი
2026

სარედაქციო კოლეგია

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

EDITORIAL BOARD

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

ტექნიკური რედაქტორი: თეა ბარამაშვილი
Technical editor: Tea Baramashvili
Технический редактор: Теа Барамашвили

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

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

Адрес редакции: Тбилиси, М. Костава ул. №71, I корпус, комната №710; Tel: +995 551 611 611

ჟურნალი განთავსებულია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

- ჟურნალის ვებ გვერდი
<https://journaltm.gtu.ge/ka/>
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - ცენტრალური ბიბლიოთეკა
https://gtu.ge/Library/transp_jur/
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი - სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი
<https://gtu.ge/stmm/research/journals.php>
- ციფრული ბიბლიოთეკა "ივერიელი" (საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა)
<http://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/248720>
- ქართული რეფერატული ჟურნალი (ქრე)
<https://techinformi.ge/ge/?page=footer/qj>

შინაარსი

I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт

1. რკინიგზაზე ავტომატიზირებული ტექნოლოგიური პროცესის მართვა თანამედროვე სისტემებით
ნინო კვაჭაძე, პაპუნა ელიზბარაშვილი, ვაჟა ვიბლიანი 4

II. მექანიკის ინჟინერია/Mechanical Engineering/Механическая инженерия

2. ქვეითთა მოთმინების ლოდინის დროის და ცვლადი გრძივი ქანობის პირობებში ავტომობილების დაძვრის დინამიკის მათემატიკური მოდელირება
გიორგი კახაძე 9
3. მიკროჰესები და მათი განვითარების შესახებ საქართველოში
ამირან თალაკვაძე 19
4. პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის რეცეპტურის შემუშავება
გიორგი აღნიაშვილი 24
5. ობიექტების გეომეტრიული ტრანსფორმაციის ოპტიმიზაციის პრინციპები
მოდელირების ინსტრუმენტების გამოყენებით
ნათელა ჯავახიშვილი, თეა ბარამაშვილი, ქეთევან ჭკუასელი, აკაკი კაკაურიძე 31
6. ინტელექტუალური ავტომატიზაციის სისტემები და ინტეგრირებული ციფრული მოდელები თანამედროვე პოლიგრაფიულ მანქანათმშენებლობაში
თეა ბარამაშვილი 39

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

7. მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების განვითარების ტენდენციები
ვაჟა ზეიკიძე, თინათინ ნიაური, ბელა დედანაშვილი 45
8. ავტორთა საყურადღებოდ 53

რკინიგზაზე ავტომატიზირებული ტექნოლოგიური პროცესის მართვა თანამედროვე სისტემებით

ნინო კვაჭაძე*, პაპუნა ელიზბარაშვილი**, ვაჟა ვიბლიანი***

*ასოცირებული პროფესორი, სტუ. ელ. ფოსტა: n.kvachadze@gtu.ge;

**აკადემიური დოქტორი, სტუ. ელ. ფოსტა: p.elizbarashvili@gtu.ge;

***მაგისტრანტი, სტუ. ელ. ფოსტა: vazha.vibliani@gmail.com.

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

რეზიუმე:

რკინიგზაზე გადაზიდვების უსაფრთხოება ნიშნავს ტვირთების და მგზავრების გადაყვანას ყოველგვარი დაბრკოლებების გარეშე. უსაფრთხოებაში იგულისხმება ადამიანების, ტვირთების, ობიექტების და გარემოს დაცვა. ანუ საფრთხე არ უნდა შეექმნას არავის. ნაშრომში განხილულია ახალი ავტომატიზირებული მონიტორინგის და მართვის სისტემა SKADA, რომელიც აკონტროლებს სიგნალების მდგომარეობას და გამორიცხავს ადამიანურ შეცდომებს, რითაც გამოირიცხება ავარიები. აღნიშნული სისტემა შეუცვლელია რთული საწარმოების მართვისათვის. რკინიგზაზე მისი დანერგვა უზრუნველყოფს: ლიანდაგის მდგომარეობის კონტროლს, დისტანციურ დიაგნოსტიკას და ადამიანის ჩარევის მინიმუმამდე შემცირებას.

საკვანძო სიტყვები:

უსაფრთხო მოძრაობის ორგანიზება, მგზავრთა, ტვირთების და გარემოს დაცვა, სიგნალის მდგომარეობის კონტროლი, დისტანციური დიაგნოსტიკა.

რკინიგზა არის რთული მრავალდონიანი ტექნიკური სისტემა, რომელიც შედგება სადგურებისაგან, სიგნალიზაციის მოწყობილობებისაგან, ელექტრული ქსელებისაგან, სარელსო წრედებისაგან და ა.შ. რკინიგზის ტრანსპორტზე გადაზიდვების უსაფრთხოება ნიშნავს ტვირთების და მგზავრების გადაყვანას ყოველგვარი დაბრკოლებების გარეშე. უსაფრთხოებაში იგულისხმება ადამიანების, ტვირთების, ობიექტების და გარემოს დაცვა. ანუ საფრთხე არ უნდა შეექმნას არავის.

ზოგადად სატრანსპორტო კომპლექსში მოიაზრება ორი შეზღუდვა: სარკინიგზო ავტომატიკის და ტელემექანიკის სისტემა უნდა განიხილებოდეს, როგორც მთლიანი სატრანსპორტო კომპლექსი და უნდა განიხილებოდეს სარკინიგზო ავტომატიკის და ტელემექანიკის (ა და ტ) სისტემის შინაგანი უსაფრთხოება. ვთქვათ, შუქნიშანზე აინთონებადამრთველი ყალბი სიგნალი. ეს ავარიას არ გამოიწვევს, მაგრამ მოძრაობის შეფერხება მოხდება. ა და ტ სისტემაში არსებობს სახიფათო და დაცვითი მდგომარეობა. სახიფათოს შემთხვევაში მატარებლის მოძრაობას ხელს უშლის ტექნიკური დოკუმენტაციის მოთხოვნებთან შეუსაბამობა. დაცვითის დროს - ყველა პარამეტრი შეესაბამება ნორმატიულ მოთხოვნებს, მაგრამ მოძრავი შემადგენლობის გადაადგილება შეუძლებელია. ამიტომ სარკინიგზო ა და ტ სისტემებმა უნდა შეინარჩუნონ წესიერული მუშაობის ან დაცვითის მდგომარეობები. საწარმოო პროცესის მართვისათვის მიზანშეწონილია ისეთი ინფორმაციის

შეგროვება, რომ შესაძლებელი იყოს სწორი გადაწყვეტილების მიღება, რაც გამოიწვევს მართვის შემდგომ ეტაპზე სიგნალების ფორმირებას. (ეს ხორციელდება ავტომატური მოწყობილობებით). ავტომატიკის სისტემა შექმნილია ავტომატური და ავტომატიზირებული სისტემებისაგან. ნებისმიერი ინფორმაცია მუშავდება მმართველი ორგანოს მიერ და ალგორითმით ხდება სამართავი ბრძანებების გამომუშავება. რკინიგზის სადგურებში არსებობს მართვის ავტომატიზირებული სისტემები, ხოლო გადასარბენზე ავტომატური სისტემები.

სადგურებში მატარებელთა მოძრაობის ცენტრალიზებული მართვისთვის გამოიყენება ელექტრული ცენტრალიზაცია (ეც), რითაც იზრდება მატარებელთა გამტარუნარიანობა და უსაფრთხო გადაადგილება. ეც-ს სისტემები სამი სალიანდაგო ელემენტისგან შედგება. ესენია: ისრული ამძრავი; სარელსო წრედი; შუქნიშანი. სარელსო წრედებით აღჭურვილია ყველა სამატარებლო ბლოკ-უბანი, რომელთა საშუალებითაც კონტროლდება ბლოკ-უბნების სითავისუფლე და მთლიანობა. შუქნიშანი არეგულირებს მატარებლის უსაფრთხო მოძრაობას. ისრები - მარშრუტის ჩაკეტვას და მატარებლის მდებარეობას. რაც შეეხება მატარებელთა მოძრაობის რეგულირების სისტემას, აუცილებელია მას მიეწოდებოდეს პირველადი ინფორმაცია ლიანდაგის სითავისუფლის, დაკავების ან მთლიანობის შესახებ. ამისათვის გამოიყენება პირველადი სალიანდაგო გადამწოდები - ელექტრული სარელსო წრედები, რომელთაც აკისრიათ მეტად საპასუხისმგებლო ფუნქციები და უზღებთ მუშაობა მეტად რთულ პირობებში. მათზე მოქმედებს კლიმატური პირობები (წვიმა, თოვლი და სახვა). თუ სარელსო ძაფი მთელია და მატარებელი არ არის სარელსო წრედი გამოიმუშავებს ლოგიკური 1-ის შესაბამის სიგნალს. სარელსო ძაფი თუ გაწყვეტილია (დაზიანებული) ან დაკავებული, მაშინ ფორმირდება ლოგიკური 0-ის შესაბამისი სიგნალი. ადრე სარელსო წრედები აფიქსირებდნენ მხოლოდ იზოლირებული უბნების სითავისუფლეს და ლიანდაგის მთლიანობას. დღეისათვის ისინი გამოიყენება ორ მეზობელ შუქნიშანს შორის, ლიანდაგებიდან ლოკომოტივზე (ალს-ის დროს) კოდური სიგნალების გადასაცემად. ორმაფიან სარელსო წრედში წევის დენი გადის ორივე რელსში. იგი გამოიყენება გადასარბენებზე და მთავარ ლიანდაგებზე. დანარჩენ ლიანდაგებზე მოწყობილია ერთმაფიანი სარელსო წრედები. სასიგნალო დენად გამოყენებულია სხვადასხვა სიხშირის ცვლადი დენი (25, 50 და 75ჰც). საქართველოს რკინიგზაზე რადგანაც არის მუდმივი დენის ელექტრული წევა, ამიტომ ზემოთ განხილული სამივე სიხშირის დენი შეიძლება იყოს გამოყენებული სარელსო წრედებისთვის. ბოლო წლებში სხვადასხვა ქვეყნების რკინიგზაზე სასიგნალო დენებად გამოიყენება ტონალური სიხშირის დენები. მათი დადებითი თვისებაა ის, რომ მეტად არასაიმედო ელემენტი - მაიზოლირებელი პირაპირი საჭირო არ არის. ამით მცირდება დროსელ-ტრანსფორმატორების რაოდენობა და ელექტრული ენერჯის ხარჯი. არსებობს სარელსო წრედების მუშაობის სამი რეჟიმი: ნორმალური, შუნტური და საკონტროლო. ნორმალურ რეჟიმში - რელსები მთელია, სარელსო ხაზი თავისუფალი და კვების წყაროდან დენი მიეწოდება რელსს; შუნტურ რეჟიმში რელსები მთელია, უბანი დაკავებული; საკონტროლო რეჟიმში - ორივე რელსი გატეხილია, წრედის მიმღები გამოიმუშავებს უბნის დაკავებულობის სიგნალს. რადგან სარელსო წრედების მუშაობაზე მოქმედებს კლიმატური პირობები, რის გამოც მათი მუშაობის პირობები უმჯობესდება ან უარესდება, ამიტომ აუცილებელია ყველაზე ცუდი პირობების დროსაც აღნიშნული მოწყობილობები მოქმედებდნენ საიმედოდ. გასათვალისწინებელია სარელსო წრედის მუშაობა შუნტურ რეჟიმში, რომელშიც ყველაზე ცუდ პირობად ითვლება სალიანდაგო

რელეს შესასვლელზე სიგნალის სიდიდის გადიდება. ამ დროს: კვების ძაბვის სიდიდე მაღალია; სარელსო ხაზის წინალობა მცირე; იზოლაციის წინალობა მაქსიმალური. საკონტროლო რეჟიმისათვის ცუდ პირობას წარმოადგენს: მიმღების შესავალზე არსებული ძაბვა; კვების წყაროს მაღალი ძაბვა; სარელსო ძაფის დაბალი წინალობა; იზოლაციის წინალობის კრიტიკული დონე. სარელსო წრედებისათვის მიღებულია, რომ შუნტური მგრძობელობა ნორმატიულზე ნაკლები არ უნდა იყოს. ა და ტ მოწყობილობების პერსპექტიულ მიმართულებად ითვლება სარელსო წრედების დამუშავება აპარატურის ცენტრალიზებულად განთავსების პირობებში. სისტემა ეფექტურად მუშაობს გასასვლელი შუქნიშნების მტყუნებების დროს, როდესაც მატარებლების მოძრაობა ხდება ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციით - ალს. სიგნალების მართვა ხორციელდება სადგურის მორიგის პულტიდან. საქართველოს რკინიგზაზე დანერგილია ოთხნიშნა ალს სისტემა, რომლის დროსაც სალოკომოტივო შუქნიშნის ჩვენებებია:

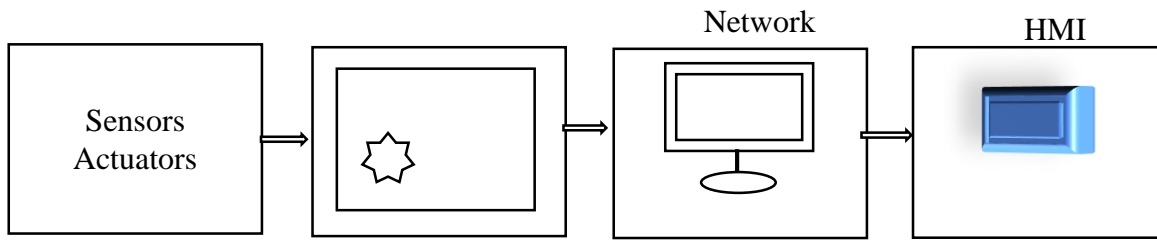
- მწვანე ნათება. შესაძლებელია მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობა. შუქნიშანზე ანთია მწვანე ან ციმციმა მწვანე სიგნალი;
- ყვითელი ნათება. მოძრაობა შესაძლებელია სიჩქარის შემცირებით. შუქნიშანზე ანთია ერთი ან ორი ყვითელი სიგნალი, რომელთაგან ზედა ყვითელი ციმციმებს;
- ყვითელ-წითელი ნათება. შესაძლებელია მოძრაობა გაჩერების მზადყოფნით. შუქნიშანზე ანთია წითელი ან მოსაწვევი სიგნალი;
- წითელი ნათება. მოძრაობის გაჩერება.

სტატისტიკა გვამცნობს, რომ მტყუნებათა 20%-მდე მოდის სწორედ სარელსო წრედებზე. ამიტომ სულ მიმდინარეობს მათი სრულყოფის გზების ძიება. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია განვიხილოთ ახალი ავტომატიზირებული მონიტორინგის და მართვის სისტემა - SKADA, რომელიც აკონტროლებს სიგნალების მდგომარეობას და გამორიცხავს ადამიანურ შეცდომებს. ამ სისტემის მთავარი დანიშნულებაა ავტომატიზირებული ობიექტების უწყვეტი მონიტორინგი და პრობლემის არსებობის შემთხვევაში დროული რეაგირება თვით დისპეჩერის მიერ. აღსანიშნავია, რომ ობიექტები შეიძლება იყოს განთავსებული ერთმანეთისაგან საკმაოდ შორს (რამდენიმე კმ.), მაგრამ მათი მართვა ავტომატურად ხდებოდეს ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად. მაგ. თუ ხდება დაზიანება, მონიტორზე ნათდება დაზიანებული ელემენტი, ოპერატორი მყისიერად ლეზულობს გადაწყვეტილებას უწყვეტობის აღმოსაფხვრელად და უმოკლეს დროში სისტემა აგრძელებს მუშაობას ავტომატურ რეჟიმში.

თანამედროვე SKADA სისტემები შეუცვლელი ინსტრუმენტია რთული საწარმოების მართვისათვის. მათი საშუალებით ხელმძღვანელობას შეუძლია მიიღოს უმოკლეს დროში დეტალური ინფორმაცია რამდენიმე ათეული ობიექტის მდგომარეობის შესახებ. ამ სისტემის ფუნქციებია:

- მონაცემთა შეგროვება და თავმოყრა ერთიან ბაზაში;
- დისტანციური კონტროლი (ოპერატორს შეუძლია ჩართოს ან გამორთოს მოწყობილობა და შეცვალოს პარამეტრები);
- შეტყობინებები - სისტემა აფრთხილებს ოპერატორს პრობლემის არსებობას (მაგ. გადახურება, ძაბვის ცვლილება და სხვა);
- მონაცემთა შენახვა და ანალიზი - რაც მუშაობის გაუმჯობესებისთვისაა და ავარიების პრევენციისათვის;
- სწრაფმოქმედება - ავარიის დროს ალგორითმებით ავტომატური მოქმედება.

ნახ. 1-ზე მოცემულია სისტემის სტრუქტურული სქემა:



ნახ.1. SKADA სისტემის სტრუქტურული სქემა

ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაციის ზემოთ აღნიშნული სისტემები იყოფა სამ: ქვედა, შუა და ზედა დონეებად.

ქვედა დონე შედგება სენსორებისგან და აქტივატორებისგან; შუა დონე - კონტროლერებისაგან, სადაც ხდება შემავალი მონაცემების მიღება, პირველადი მონაცემების დამუშავება, კონტროლის მოქმედებების ავტომატური გენერირება; ზედა დონე არის SKADA -ს დონე, რომელიც მოიცავს შუა დონეზე მიღებული ინფორმაციის შეგროვებას, დამუშავებას და შენახვას, ოპერატორის ბრძანების შეყვანას, ტექნოლოგიური პროცესის შედეგების შესახებ ანგარიშების წარდგენას, ინფორმაციის გაცვლას ზედა დონესთან. RTU (Remote Terminal Unit) და PLS(Programmable Logic Controller) კონტროლერებია. პირველი - დისტანციური ტერმინალური მოწყობილობაა, გადასცემს მონაცემებს ცენტრში მეორე - პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი, მართავს პროცესს ადგილზე. HMI არის მონიტორი, რომელსაც ოპერატორი (დისპეჩერი) ხედავს.

PLC-ის დანიშნულება რკინიგზაზე არის: შეამოწმოს არის თუ არა მატარებელი ბლოკ-უბანზე. თუ ბლოკ-უბანი დაკავებულია ინთება შუქნიშანზე წითელი სიგნალი, ანუ მოძრაობა აკრძალულია. ეს ყველაფერი ხდება მყისიერად.

RTU-ს დანიშნულებაა: მიიღოს მონაცემები PLC-დან. შეამოწმოს შუქნიშანი რა მდგომარეობაშია, ავარია ხომ არ არის? აგზავნის მონაცემს ოპტიკური კაბელით, რადიოკავშირით ან GSM(Global System for Mobile Communications) სატელეფონო გლობალური სისტემით. GSM-ის უპირატესობებია: უკაბელო კავშირი, სწრაფი მონტაჟი, შედარებით იაფი, შორ მანძილზე დაფარვის ზონა. GSM გამოიყენება შორეული ობიექტებისათვის, ოპტიკური კაბელები სადგურებში და რადიოკავშირი - მთიან რეგიონებში.

SKADA სისტემა მოიცავს ოთხ კომპონენტს (ნახ.1): საველე მოწყობილობებს (სენსორები, გამზომები, რომლებიც ზომავენ ტემპერატურას, მძვას, წნევას და სხვა); კონტროლერებს (იღებენ მონაცემებს სანსორებიდან); საკომუნიკაციო ქსელს (აკავშირებს RTU/PLS-ებს ცენტრალურ სერვერთან); ცენტრალურ პროგრამას ან სერვერს HMI. ოპერატორი ხედავს ეკრანზე დაზიანებას და მართავს პროცესს.

ეს სისტემა გამოიყენება ევროპის ქვეყნებში, აშშ-ში, კანადაში, აზიაში (ენერგეტიკაში, რკინიგზაზე, მეტროპოლიტენში, ტრანსფორმატორების კონტროლისათვის და სხვა). საქართველოში მეტროპოლიტენის ერთ უბანზე ხდება მისი ტესტირება. სისტემა თავსებადია ყველა ქვეყნის თანამედროვე პროგრამულ უზრუნველყოფასთან.

აღნიშნული სისტემის დანერგვა უზრუნველყოფს სიგნალიზაციის მონიტორინგს, ლიანდაგის მდგომარეობას, ელ.მომარაგების კონტროლს, დისტანციურ დიაგნოსტიკას

(წინასწარ შეიტყოს გაუმართაობის შესახებ), ოპერაციული ეფექტურობის გაზრდას (მონაცემთა ანალიზით), ადამიანის ჩარევის მინიმუმამდე შემცირებას. ის ინტელექტუალური მართვის სისტემაა, რომელიც იცავს ინფრასტრუქტურას და ამცირებს ავარიებს.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. ალექსანდრე დუნდუა. ტრანსპორტზე მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენების საფუძვლები, ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2017წ. გვ. 344. (დამხმარე სახელმძღვანელო);
2. Кузин А.В., Жаворонков М.А. Микропроцессорная техника, М.: Академия. 2013, 304 с.;
3. Гивоне Д., Россер Р. Микропроцессор и микрокомпьютеры. М.: Мир, 1983, 464с.

Automated technological process management on the railway with modern systems
Nino Kvachadze, Papuna Elizbarashvili, Vazha Vibliani

Abstract:

Rail safety means the smooth transportation of goods and passengers. Safety means protecting people, goods, facilities and the environment. This means no one should be exposed to danger. This article discusses a new automated monitoring and control system (SKADA), which monitors signal conditions and eliminates human error, thereby preventing accidents. This system is an indispensable tool for managing complex enterprises. Its implementation on the railway ensures track condition monitoring and remote diagnostics.

Keywords:

Organization of safe traffic, protection of passengers, cargo, and the environment, monitoring of signal status, remote diagnostics.

**Автоматизированное управление технологическими процессами на железной
дороге с использованием современных систем**
Нино Квачадзе, Папуна Элизбарашвили, Важа Виблиани

Резюме:

Безопасность железнодорожных перевозок означает беспрепятственную транспортировку грузов и пассажиров. Безопасность подразумевает защиту людей, грузов, объектов окружающей среды. То есть, никто не должен подвергаться опасности. В статье рассматривается новая автоматизированная система мониторинга и управления SKADA, которая контролирует состояние сигналов и исключает человеческие ошибки, тем самым предотвращая аварии. Эта система является незаменимым инструментом управления сложными предприятиями. Её внедрение на железной дороге обеспечивает контроль состояния путей и дистанционную диагностику.

Ключевые слова:

Организация безопасного движения, защита пассажиров, грузов и окружающей среды, контроль состояния сигнала, дистанционная диагностика.

ქვეითთა მოთმინების ლოდინის დროის და ცვლადი გრძივი ქანობის პირობებში ავტომობილების დაძვრის დინამიკის მათემატიკური მოდელირება

გიორგი კახაძე*

*დოქტორანტი, სტუ. ელ. ფოსტა: kakhadze.g@gtu.ge

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. №77, 0160, თბილისი, საქართველო)

რეზიუმე:

სტატია ეძღვნება სატრანსპორტო ნაკადის დაძვრის დროითი ინტერვალების დამოკიდებულებას გზის გრძივ ქანობზე ქ. თბილისის რელიეფური პირობების მაგალითზე, ემპირიული მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც მოიცავს ქანობებს -4%-დან +4%-მდე. მკვეთრი დაღმართი მოქმედებს როგორც ნაკადის ბუნებრივი ამაჩქარებელი, ხოლო აღმართი მნიშვნელოვნად ზრდის ინტერვალს. რეგრესიული ანალიზის შედეგად გამოყვანილია მათემატიკური მოდელები სხვადასხვა უზრუნველყოფის დონისთვის (50%, 85%, 95%), სადაც კორელაციის კოეფიციენტი $r = 0.89$ ადასტურებს მყარ კავშირს რელიეფსა და გამტარუნარიანობას შორის.

ასევე, სტატიის მეორე ნაწილი ეთმობა ქვეითთა მოთმინების ლოდინის დროის კვლევას და მის გავლენას საგზაო მოძრაობის გამტარუნარიანობაზე, ქ. თბილისის ერთ-ერთ ყველაზე დატვირთულ და ამ კუთხით პრობლემურ კვანძზე მეტროსადგურ „ახმეტელის თეატრის“ მიმდებარედ. სტატისტიკური ანალიზისა და რეგრესიული მოდელირების საფუძველზე დადგინდა, რომ ქვეითთა მოთმინების დრო 85%-იანი უზრუნველყოფით საგანგაშოდ დაბალია და მერყეობს 15-დან 38 წამამდე, რაც მკვეთრად ჩამორჩება საერთაშორისო სტანდარტებს. კვლევამ გამოავლინა ძლიერი უარყოფითი კორელაცია $r = -0.85$ მეტეოროლოგიურ პირობებს (წვიმის), პიკის საათებსა და ქვეითთა მოთმინების ლოდინის დროს შორის. ნაშრომი გვთავაზობს კონკრეტულ რეკომენდაციებს შუქნიშნებზე უკუათვლის წამბომების დაბრუნებისა და შუქნიშნის ციკლების ოპტიმიზაციის შესახებ. ასევე, საგზაო კულტურის ადრეული ასაკიდან სწავლების მნიშვნელობაზე, რაც კრიტიკულად მნიშვნელოვანია საგზაო უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად და საცობების შესამცირებლად.

საკვანძო სიტყვები:

ქვეითთა მოთმინების დრო, დაძვრის დროითი ინტერვალი, გრძივი ქანობი, საგზაო გამტარუნარიანობა, მეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენა, საგზაო უსაფრთხოება

შესავალი

თანამედროვე ურბანული მობილობის დაგეგმარებისას ერთ-ერთი უმთავრესი გამოწვევაა ოპტიმალური ბალანსის პოვნა ავტომობილების გამტარუნარიანობასა და ქვეითთა

უსაფრთხო გადაადგილებას შორის. საცობების განსამუხტად ხშირად პრიორიტეტი ავტომობილების ნაკადს ენიჭება, რაც ქვეითებისთვის შუქნიშნის ამკრძალავი (წითელი) სიგნალის გახანგრძლივებას იწვევს. თუმცა, ქვეითთა ფსიქოლოგიურ მოთმინებას აქვს კრიტიკული ზღვარი, რომლის ამოწურვის შემდეგაც იზრდება წესების დარღვევისა და გზაზე თვითნებურად გადასვლის ალბათობა. ქვეითთა მიერ წესების დარღვევა არა მხოლოდ ინდივიდუალური საფრთხის შემცველია, არამედ იწვევს „დომინოს ეფექტს“, რაც მასობრივ დაუმორჩილებლობაში გადადის. ეს პროცესი საავტომობილო ნაკადის შენელებას და გარკვეულ შემთხვევაში გაჩერებას განაპირობებს, რაც ხშირად იმაზე მეტად აფერხებს საავტომობილო გამტარუნარიანობას, ვიდრე წინასწარ გათვლილი საქვეითო ფაზა.

ამ სირთულეს კიდევ უფრო ამწვავებს ქალაქის რელიეფური სპეციფიკა. საავტომობილო ნაკადის ეფექტურობა რეგულირებულ გზაჯვარედინებზე პირდაპირ არის დამოკიდებული „სდექ-ხაზიდან“ ავტომობილების დამკრის დინამიკაზე. დაკვირვებები აჩვენებს, რომ გზის გრძივი ქანობი მნიშვნელოვნად ცვლის დამკრის დროით ინტერვალებს. მკვეთრი დაღმართი მოქმედებს როგორც ნაკადის ბუნებრივი ამაჩქარებელი, ხოლო აღმართი ზრდის რეაქციის დროსა და ინტერვალებს.

წინამდრებარე კვლევის მიზანია მათემატიკური სიზუსტით განსაზღვროს როგორც ქვეითთა მოთმინების ზღვარი თბილისის სპეციფიკურ ლოკაციაზე, ისე საავტომობილო ნაკადის დამკრის დინამიკა სხვადასხვა გრძივი ქანობების პირობებში. კვლევის ფარგლებში მიღებული რეგრესიული მოდელები საფუძვლად დაედება კომპლექსურ რეკომენდაციებს. ეს უკანასკნელი მოიცავს როგორც საინჟინრო გადაწყვეტილებებს (შუქნიშნის ფაზების ოპტიმიზაცია), ისე სოციალურ-საგანმანათლებლო ინიციატივებს, რაც მიზნად ისახავს საგზაო კულტურის ჩამოყალიბებას ადრეული ასაკიდან.

ძირითადი ნაწილი

ურბანული სატრანსპორტო კვანძების გამტარუნარიანობის განსაზღვრისას ერთ-ერთ ფუნდამენტურ პარამეტრს სატრანსპორტო ნაკადის დროითი ინტერვალი წარმოადგენს. აღნიშნული მაჩვენებელი კომპლექსური სიდიდეა და მისი ცვლილება დადებით კორელაციაშია „სდექ-ხაზთან“ მდგომი ავტომობილების დამკრის დინამიკასთან. დამკრის პროცესში დაკარგული ყოველი წამი კუმულაციური დანაკარგია, კერძოდ ერთი შუქნიშნის ფაზის განმავლობაში ათეულობის ავტომობილის გატარების შესაძლებლობა იკარგება, რაც დღის ჭრილში ათასობით ავტომობილით შემცირებულ გამტარუნარიანობასა და ხელოვნურად გენერირებულ საცობებს და მისგან გამოწვეულ მრავალ უარყოფით შედეგს ნიშნავს.

ავტომობილების დამკრის ეფექტურობაზე მოქმედი ფაქტორები შეიძლება სამ ძირითადად ჯგუფად დაიყოს:

1. სატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური სპეციფიკაცია

სატრანსპორტო ნაკადის დროით ინტერვალზე გავლენას ახდენს ავტომობილის მახასიათებლები, ძრავის სიმძლავრე, ავტომობილის მასა და განსაკუთრებით ტრანსმისიის ტიპი (მექანიკური, ავტომატური). მექანიკური გადაცემათა კოლოფის შემთხვევაში, დამკრისათვის საჭირო მოქმედებები ზრდის ინტერვალს, რაც განსაკუთრებით კრიტიკულია რთული რელიეფის პირობებში.

2. მძღოლის ქცევითი ფაქტორები და სოციალურ კულტურული კონტექსტი

საქართველოში ჩატარებული ემპირიული დაკვირვებები აჩვენებს, რომ ევროპულ ქვეყნებთან შედარებით, ადგილობრივ მძღოლებში კოლექტიური პასუხისმგებლობის დონე დაბალია, ისინი არ ორიენტირდებიან სინქრონულ დაძვრაზე, რაც იწვევს დროითი ინტერვალის ზრდას ყოველი მომდევნო ავტომობილისათვის.

აღნიშნულ მდგომარეობას კიდევ უფრო ამწვავებს თანამედროვე ტექნოლოგიური მიღწევები, კერძოდ „ჰკვიანი შუქნიშნების“ სისტემის დანერგვის შემდეგ თბილისში გაუქმდა შუქნიშნის უკუათვლის წამზომები. ამან მძღოლები მოლოდინის პასიურ ფაზაში გადაიყვანა. ასეთ პირობებში, მძღოლები ხშირად სმარტფონებს იყენებენ, რაც ზრდის რეაქციის დროს და აყოვნებს დაძვრას მწვანე სიგნალის ანთებისას.

3. ინფრასტრუქტურული და გეომეტრიული პარამეტრები

ზემოაღნიშნულ ფაქტორებს ემატება საგზაო ინფრასტრუქტურის მდგომარეობა და გზის გეომეტრია. გრძივი ქანობი წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ ფიზიკურ შემზღუდველს. აღმართზე დაძვრისას იზრდება როგორც ტექნიკური დაყოვნება, ისე ფსიქოლოგიური ფაქტორი - მძღოლები ზრდიან დისტანციას, უკან დაგორების რისკის გამო, რაც საბოლოო ჯამში კიდევ უფრო ამცირებს ზოლის გამტარუნარიანობას.

საქართველოში საგზაო მოძრაობის დაგეგმარებისას ტრადიციულად გამოიყენება დასავლური ან პოსტსაბჭოთა მეთოდოლოგიები. თუმცა, არსებული პრაქტიკა აჩვენებს, რომ აღნიშნული სტანდარტები ხშირად ვერ ასახავს თბილისის ურბანული გარემოს სპეციფიკას - ავტოპარკის არაერთგვაროვნებას, მძღოლთა ქცევას და რელიეფის სირთულეს.

ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად და რეალური სურათის დასადგენად ჩავატარე დაკვირვებები ქალაქ თბილისის სხვადასხვა ლოკაციაზე. კვლევის ფოკუსს წარმოადგენდა „სდექ-ხაზიდან“ დაძვრის დროითი ინტერვალების ცვალებადობა გრძივი ქანობის სხვადასხვა მაჩვენებლის პირობებში.

დაკვირვებები ჩატარდა ხუთი ტიპის გრძივი ქანობზე, რაც საშუალებას იძლევა ანალიზი გაკეთდეს, როგორც აღმართის, ისე დაღმართის გავლენაზე: დაღმართი: -4% და -2%; ჰორიზონტალური მონაკვეთი: 0%; აღმართი: +2% და 4%

აღნიშნული დიაპაზონი საშუალებას იძლევა სრულყოფილად შეფასდეს როგორც დაღმართის დამხმარე გავლენა, ისე აღმართის შემაფერხებელი ეფექტი „სდექ-ხაზიდან“ დაძვრის ინტერვალზე.

მიღებული სტატისტიკური მონაცემების ანალიზისას გამოიკვეთა ინტერვალების განაწილების სამი ძირითადი მაჩვენებელი:

50%-იანი უზრუნველყოფა: ეს მონაცემი ასახავს ნაკადის ძირითადი ნაწილის ტიპურ ქცევას სტანდარტულ პირობებში. იგი წარმოადგენს ერთგვარ „მედიანურ“ მნიშვნელობას, რომლითაც ხასიათდება საშუალო სტატისტიკური მძღოლის რეაქცია.

85%-იანი უზრუნველყოფა: საგზაო მოძრაობის ორგანიზებაში ეს მაჩვენებელი ითვლება ყველაზე რელევანტურად საპროექტო გადაწყვეტილებების მისაღებად. იგი გვიჩვენებს დროით ინტერვალს, რომელშიც მძღოლთა აბსოლუტური უმრავლესობა თავსდება. ეს ციფრი საუკეთესოდ ასახავს თბილისის გზაჯვარედინების რეალურ, პრაქტიკულ გამტარუნარიანობას.

95%-იანი უზრუნველყოფა: ეს არის კრიტიკული ზღვარი, რომელიც მოიცავს ყველაზე დიდ დაყოვნებებს. მასში აისახება ისეთი არატიპური შემთხვევები, როგორცაა სმარტფონით ყურადღების მკვეთრი გაფანტვა, მძიმეწონიანი ტრანსპორტის რთული დაძვრა აღმართზე და ტექნიკური შეფერხებები. ამ მაჩვენებლის ანალიზი აუცილებელია პიკური დატვირთვებისას წარმოქმნილი საცობების პროგნოზირებისათვის.

ინტერვალი	უზრუნველყოფა %	სავალი ზოლის გრძივი ქანობი X2 %				
		-4	-2	0	+2	+4
y1 წმ	50	1.60	2.40	2.50	3.30	3.65
	85	1.95	2.95	3.00	3.45	4.45
	95	2.20	3.10	3.20	4.00	4.60

ცხრილი 1. რეგულირებულ გზაჯვარედინებზე „სდექ-ხაზიდან“ გასვლის დროითი ინტერვალი ავტომობილთა შერეული ნაკადისათვის სავალი ზოლის სხვადასხვა გრძივ ქანობებზე

ცხრილში მოცემული მაჩვენებლები ნათლად აჩვენებს ინტერვალების ზრდის ტენდენციას ქანობის მატებასთან ერთად.

1. ქანობის გავლენა (50% უზრუნველყოფა)

ჰორიზონტალურ მონაკვეთზე დაფიქსირებული საშუალო ინტერვალი შეადგენს 2.5 წამს. საინტერესოა, რომ მცირე დაღმართზე (-2%) ინტერვალი თითქმის არ იცვლება (2.4წმ), თუმცა უფრო მკვეთრ დაღმართზე (-4%) იგი საგრძნობლად მცირდება 1.6 წამამდე. აქ უკვე მოქმედებს ფიზიკური ფაქტორი. ამ შემთხვევაში მძღოლს აღარ ესაჭიროება აქსერელაცია საწყის მომენტში, საკმარისია მხოლოდ მუხრუჭის პედლის განთვანისფულება, რათა ავტომობილმა ინერციით დაიწყოს მოძრაობა. აღმართის შემთხვევაში, გრძივი ქანობის ცვლილება 0%-დან +2%-მდე 2.5 წამიდან 3.3 წამამდე ზრდის დაძვრის დროს, რაც ადასტურებს თეზისს აღმართზე დაძვრის სირთულის შესახებ შერეულ ნაკადში.

2. ქანობის გავლენა (85% უზრუნველყოფა)

85%-იანი უზრუნველყოფის მაჩვენებელი, რომელიც საგზაო მოძრაობის ორგანიზებისათვის ძირითად ორიენტირს წარმოადგენს, აჩვენებს ინტერვალის მკვეთრ ზრდას ქანობის მატებასთან ერთად. ჰორიზონტალურ მონაკვეთში ის შეადგენს 3 წამს. მკვეთრ აღმართზე (+4%) ინტერვალი იზრდება 4.45 წამამდე.

3. ქანობის გავლენა (95% უზრუნველყოფა)

95%-იანი უზრუნველყოფის მაჩვენებლები ასახავს სისტემის ყველაზე სუსტ წერტილებს. +4% აღმართზე ინტერვალი აღწევს 4.6 წამს. თუ ამას შევადარებთ ჰორიზონტალური მონაკვეთის ანალოგიურ მაჩვენებელს, 3.2 წამი, ვნახავთ, რომ დაყოვნებები აღმართზე 40%-ზე მეტია. ეს სწორედ ის შემთხვევებია, როდესაც მძღოლების ყურადღების გაფანტვა და წამზომის არარსებობა ემატება გრავიტაციულ წინააღმდეგობას, რაც ჯამში იწვევს გამტარუნარიანობის მნიშვნელოვნად კლებას.

ნატურალური დაკვირვებების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე სხვადასხვა უზრუნველყოფის დონისთვის გამოყვანილ იქნა რეგრესიის განტოლებები. თითოეული მოდელი ასახავს გრძივი ქანობის (x) გავლენას დაძვრის დროით ინტერვალზე.

50% უზრუნველყოფა - აღნიშნული ფორმულა ახასიათებს ნაკადის ტიპურ, მედიანურ ქცევას:

$$y_{50} = 0.25 * x + 2.75$$

კორელაციის კოეფიციენტი $r = 0.88$

85% უზრუნველყოფა - ეს არის ძირითადი ფორმულა საინჟინრო გათვლებისა და გამტარუნარიანობის პროგნოზირებისათვის

$$y_{85} = 0.28 * x + 3.25$$

კორელაციის კოეფიციენტი $r = 0.89$

მოდელი ითვალისწინებს ნაკადის 85%-ის ქცევას და გვთავაზობს საიმედო საპროექტო ზღვარს თბილისის პირობებში.

95% უზრუნველყოფა - ფორმულა აღწერს ყველაზე დიდ დაყოვნებებს და გამოიყენება პიკური დატვირთვების მოდელირებისას.

$$y_{95} = 0.31 * x + 3.55$$

კორელაციის კოეფიციენტი $r = 0.87$

აქ ვხედავთ ქანობის ყველაზე მაღალ გავლენას, რაც მიუთითებს, რომ დაყოვნებები ყველაზე მეტად აღმართზე დაძვრისას ხდება.

ქვეითა მოთმინების ლოდინის დროის გავლენა საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებასა და გამტარუნარიანობაზე

თანამედროვე სატრანსპორტო დაგეგმარებაში ერთ-ერთ ყველაზე რთული გადასაწყვეტი საკითხია კონფლიქტი ქვეითა ნაკადებსა და ავტოსატრანსპორტო საშუალებებს შორის. ტრადიციული მიდგომა, რომელიც პრიორიტეტს ავტომობილების მაქსიმალურ გამტარუნარიანობას ანიჭებს, ხშირად იწვევს საპირისპირო ეფექტს. შუქნიშნების ფაზების არასწორი გათვლა, რაც ქვეითებისთვის ხანგრძლივ წითელ სიგნალს გულისხმობს, წარმოშობს ქვეითთა მოთმინების ლოდინის ზღვრის გადაცილებას. როდესაც ქვეითი აჭარბებს თავის ფსიქოლოგიურ ლოდინის მაქსიმუმს, ის წყვეტს წესების დამორჩილებას. აღნიშნულ ქმედებას ხშირად აქვს ე.წ „დომინოს პრინციპი“ და დაუმორჩილებლობა ხდება მასობრივი. ქაოსური ნაკადი, რომელიც კვეთს საავტომობილო მოძრაობას, იწვევს ავტო საგზაო შემთხვევების რისკს, ასევე მნიშვნელოვნად ამცირებს ავტომობილების გამტარუნარიანობას. აღნიშნული სტატია მიზნად ისახავს ამ კავშირის შესწავლას თბილისის ერთ-ერთ ყველაზე დატვირთულ კვანძზე. კვლევის ობიექტად შეირჩა გლდანის რაიონი, კერძოდ მეტროსადგურ „ახმეტელის თეატრის“ მიმდებარე კვანძი. ეს ადგილი ერთ-ერთ დატვირთულ და პრობლემურ კვანძს წარმოადგენს, როგორც ქვეითთა, ასევე ავტომობილების გამტარუნარიანობის კუთხით. მეტროდან ამოსული მგზავრთა ნაკადის დიდი ნაწილი ჩქარობს, რათა გადაჯდეს სხვა ტრანსპორტში, რაც ავტომატურად ამცირებს მოთმინების ხანგრძლივობას. ამავდროულად, აქ ერთმანეთს კვეთს ქვეითების, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის და ავტომობილების ინტენსიური ნაკადები. ქვეითთა სიმრავლის გამო დაკვირვება განხორციელდა შემთხვევითობის პრინციპით: ყოველ მესამე ქვეითზე, რომლებიც შუქნიშნის წითელ ფაზაზე ჩერდებოდნენ. ეს მეთოდი საშუალებას

გვამლევს ავიცილოთ სუბიექტური ცდომილება და მივიღოთ რეალური სურათი იმისა, თუ რამდენ ხანს უძლებენ ადამიანები ლოდინს კონკრეტულ გარემო პირობებში.

საერთაშორისო მეთოდოლოგიებისგან განსხვავებით, ჩვენმა კვლევამ აჩვენა, რომ თბილისის ამ მონაკვეთში ქვეითთა მოთმინება საშუალოზე დაბალია. განსაკუთრებით საინტერესოა კავშირი ლოდინის დროსა და ავტომობილებს შორის არსებულ თავისუფალ ინტერვალებს შორის. აღნიშნულ ტერიტორიაზე ავტომობილები ხშირად დაბალი სიჩქარით გადაადგილდებიან. ეს ქვეითებში ქმნის უსაფრთხოების ილუზიას - როცა ავტომობილი ნელა მოძრაობს, ქვეითი თვლის, რომ დარღვევით ქუჩის გადაკვეთა მარტივი და უსაფრთხოა. ასევე, რაც უფრო დიდი არის ინტერვალის ავტომობილებს შორის, ავტომატურად იზრდება დამრღვევ ქვეითთა რაოდენობა. საბოლოო ჯამში, აღნიშნული ქმედება ხშირად იწვევს ავტომობილების სრულად გაჩერებას, რაც საცობის გამომწვევი მიზეზი ხდება. ერთი ავტომობილის გაჩერება იწვევს უკან ავტომობილების ჯაჭვურ გაჩერებას, რაც უფრო მეტ საცობს წარმოქმნის, ვიდრე ქვეითებისთვის გამოყოფილი კანონიერი მწვანე ფაზა შექმნიდა.

ინტერვალი	უზრუნველყოფა %	მ/ს ახმეტელის თეატრის მიმდებარე ტერიტორია					
		მზიანი ამინდი			წვიმიანი ამინდი		
		დილის პიკის საათი (08:30-10:00)	შუადღე (13:00 - 14:00)	სადამოს პიკის საათი (17:30-19:00)	დილის პიკის საათი (08:30-10:00)	შუადღე (13:00 - 14:00)	სადამოს პიკის საათი (17:30-19:00)
ლოდინის დრო y_1 წმ	50	18.0	28.0	22.0	12.0	18.0	15.0
	85	22.0	38.0	30.0	15.0	24.0	20.0
	95	28.0	45.0	38.0	19.0	32.0	25.0

ცხრილი 2. ქვეითთა მოთმინების ლოდინის დროის მათემატიკური დამოკიდებულება დღის მონაკვეთზე და ამინდზე

კვლევის ფარგლებში მიღებული მონაცემების დამუშავებისას დამოვიყენეთ წრფივი რეგრესიის მოდელი. აღნიშნული მიდგომა საშუალებას გვამლევს მათემატიკური სიზუსტით განვსაზღვროთ, თუ როგორ იცვლება ქვეითთა მოთმინების კრიტიკული ზღვარი გარემო პირობების ცვლილებისას. ქვემოთ წარმოგიდგინებთ ინდივიდუალურ გამოთვლებს დღის სხვადასხვა მონაკვეთისთვის.

დილის პიკის საათში:

$$y = -7 * x + 22$$

შუადღეს:

$$y = -14 * x + 38$$

სადამოს პიკის საათში:

$$y = -10 * x + 30$$

ანალიზისას ცვლადი y წარმოადგენს ქვეითთა ლოდინის მაქსიმალურ დროს (წამებში), ხოლო X - მეტეოროლოგიურ ფაქტორს (0 - მზიანი, 1 - წვიმიანი). კორელაციის კოეფიციენტი $r=-0.85$ დაადასტურა მჭიდრო უარყოფითი კავშირი წვიმასა და პიკის საათებთან. კოეფიციენტი $r=-0.85$ მიუთითებს ძლიერ უარყოფით კორელაციაზე. მათემატიკურად ეს ნიშნავს, რომ ცვლადებს (ამინდის/დროის დეფიციტი) და ლოდინის

დროს (y) შორის არსებობს უკუპროპორციული დამოკიდებულება. დილის პიკის საათი, ყველაზე კრიტიკული პერიოდი აღმოჩნდა. რეგრესიული მოდელი $y = -7 * x + 22$ მიუთითებს იმაზე, რომ საწყისი მოთმინების დრო $b=22$ ისედაც მინიმალურია. გამომწვევი ფაქტორებია სამსახურსა თუ სასწავლებელში დაგვიანების შიში, რომლებიც აიძულებენ ქვეითებს მინიმალურ დროში გადაკვეთონ გზა, მათ შორის დარღვევით. შუადღის პერიოდის რეგრესიული მოდელი $y = -14 * x + 38$ ავლენს ყველაზე მაღალ ბაზისურ მოთმინებას $b=38$, თუმცა სწორედ ამ დროს ფიქსირდება ე.წ „დომინოს პრინციპის“ მაღალი კოეფიციენტი. შუადღეს, როდესაც ქვეითთა ნაკადი უფრო არაერთგვაროვანია (სტუდენტები, პენსიონერები, მშობლები ბავშვებთან ერთად), ადამიანები ქვეცნობიერად აკვირდებიან ერთმანეთის ქცევას. თუ ჯგუფის ერთ წევრი გადაწყვეტს წითელ სიგნალზე გზის გადაკვეთას, ეს მოქმედებს დანარჩენებზე. შედეგად ირღვევა მოთმინების ზღვარი და მთელი ჯგუფი მასობრივად მიჰყვება პირველ დამრღვევს. ჯგუფური დარღვევისას ინდივიდს უმცირდება დანაშაულის ან შიშის გრძობა, რადგან სხვებიც ასე იქცევიან. წვიმიან ამინდში შუადღისას „დომინოს პრინციპი“ კიდევ უფრო მწვავედება. თუ მზიან ამინდში ქვეითი შეიძლება 38 წამი იცდიდეს, წვიმის დროს პირველივე ადამიანის ნაბიჯი გზისკენ იწვევს ჯაჭვურ რეაქციას. სწორედ ამით აიხსნება რეგრესიულ მოდელში ამინდის კოეფიციენტის ასეთი მაღალი მაჩვენებელი $a=-14$. საღამოს პიკის საათში მოდელი $y = -10 * x + 30$ ასახავს ფიზიკური დაღლილობის ფაქტორს. თუმცა, მიუხედავად აღნიშნული ფაქტორისა სამუშაო დღის ბოლოს ქვეითის მოთმინება უფრო დაბალია, ვიდრე შუადღით, რადგან სახლში მისვლის სურვილი აჭარბებს უსაფრთხოების სტანდარტულ ნორმებს.

დასკვნა

წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილი მონაცემები და მათ საფუძველზე გამოყვანილი კანონზომიერებები არ ატარებს მხოლოდ აღწერილობით ხასიათს, ისინი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას საგზაო მოძრაობის მოდელირებისა და ოპტიმიზაციისთვის. სტატიაში მოცემული ინტერვალების მაჩვენებლები სხვადასხვა გრძივ ქანობზე (-4; -2; 0; +2; +4) და სხვადასხვა ალბათური უზრუნველყოფის დონეზე (50%, 85%, 95%) შეიძლება გამოყენებულ იქნას ახალი გზაჯვარედინების დაპროექტებისას ან არსებულის რეკონსტრუქციის დროს, რომლებშიც დასაბუთებული იქნება შუქნიშნების ციკლების ოპტიმიზაცია აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით.

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ რეგულირებულ გზაჯვარედინებზე გამტარუნარიანობის დეგრადაცია კომპლექსური მოვლენაა, სადაც ფიზიკური და ქვეითი ფაქტორები ერთმანეთს აძლიერებენ. თბილისის სატრანსპორტო სისტემის სპეციფიკიდან გამომდინარე, დაძვრისას დაკარგული დროის მინიმიზაციის ყველაზე ეფექტურ გადაწყვეტას შუქნიშნებზე უკუათვლის დაბრუნება წარმოადგენს. საინფორმაციო წამშობების არსებობა მძღოლს საშუალებას აძლევს, მოლოდინის პასიური ფაზიდან გადავიდეს მზადყოფნის აქტიურ ფაზაში. ეს განსაკუთრებით კრიტიკულია აღმართიან მონაკვეთებზე (+2%-დან +4%-მდე), სადაც დაძვრის პროცესი ტექნიკურად უფრო რთულია და მოითხოვს მეტ დროს. წამშობის მიერ მიწოდებული ინფორმაცია სტიმულს აძლევს ნაკადის სინქრონულ მოძრაობას. შესაბამისად, აღნიშნული

ინსტრუმენტი საშუალებას მოგცემს მნიშვნელოვნად შევამციროთ დაყოვნების ინტერვალები და გავზარდოთ საგზაო ქსელის გამტარუნარიანობა.

კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები იძლევა საფუძველს ვამტკიცოთ, რომ საქართველოში, კერძოდ კი შესწავლილ ტერიტორიაზე, ქვეითთა მოთმინების ლოდინის მაჩვენებელი საგანგაშოდ დაბალია. საერთაშორისო ნორმებთან შედარებით, ლოკალური 85% უზრუნველყოფიანი ასეთი დაბალი ნიშნული მიუთითებს, რომ საჭიროა დაუყოვნებლივ ქმედითი ნაბიჯების გადადგმა, რათა თავიდან იქნას აცილებული მოსალოდნელი საგზაო შემთხვევები, გადატვირთული და ქაოსური მოძრაობა. ქვეითთა მოთმინება ლოკალური ფენომენია და ის პირდაპირ კავშირშია საგზაო მოძრაობის საერთო დინამიკასთან. მეტროსადგურებთან, სადაც ხალხი ჩქარობს, შუქნიშნის ფაზების ხელოვნური გახანგრძლივება ავტომობილების სასარგებლოდ რეალურად აზიანებს თავად საავტომობილო ნაკადს. კვლევის შედეგები ცხადყოფს, რომ საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების ხარისხი პირდაპირ კავშირშია ქვეითთა ქცევასთან. ყველაზე კრიტიკული მაჩვენებლები ფიქსირდება დილის პიკის საათებში, როდესაც პუნქტუალურობის წნეხი მოთმინების ბაზისურ ზღვარს 22 წამამდე ამცირებს. სადამოს პიკის საათებში კი გადამწყვეტი ფიზიკური დაღლილობის ფაქტორია. წვიმიანი ამინდი მოქმედებს, როგორც მოთმინების ლოდინის დროის კიდევ უფრო შემამცირებელ ფაქტორად. რიგ შემთხვევაში დრო 30-35%-ით მცირდება. შუადღეს კი ფიქსირდება ე.წ „დომინოს პრინციპი“, რაც გულისხმობს, რომ მიუხედავად იმისა რომ შეიძლება ქვეითს არ ეჩქარებოდეს, ერთი ქვეითის მიერ წესის დარღვევა მომენტალურად იწვევს მთელი ნაკადის მასობრივ დაუმორჩილებლობას, რაც წვიმაში კიდევ უფრო მწვავედება.

პრობლემის სისტემური გადაჭრისთვის აუცილებელია მუშაობა ორი მიმართულებით: ცნობიერების ამაღლება და ინფრასტრუქტურული ოპტიმიზაცია. უსაფრთხოების ნორმების დაცვა ქვეითის მიერ არ უნდა იყოს მხოლოდ ჯარიმის შიშით გამოწვეული ქმედება და ის უნდა წარმოადგენდეს გააზრებულ, ქვეცნობიერ ჩვევას. კრიტიკულად მნიშვნელოვანია საგზაო წესების სწავლება ადრეული ასაკიდანვე დაიწყოს. ამის წარმატებული მაგალითია ავჭალის რამდენიმე საბავშვო ბაღში ჩატარებული პილოტური პროექტი, რომელშიც სტატიის ავტორი უშუალოდ იყო ჩართული. პროექტმა აჩვენა, რომ თამაშზე დაფუძნებული სწავლებით ბავშვები ბევრად უფრო მარტივად ითვისებენ უსაფრთხოების წესებს და მომავალში უფრო პასუხისმგებლიან ქვეითად ჩამოყალიბდებიან. რაც შეეხება ინფრასტრუქტურულ მოწყობას, ის მაქსიმალურად უნდა უწყობდეს ხელს ქვეითის მოთმინების შენარჩუნებას. საქვეითო შუქნიშნებზე წამზომის არსებობა, რომელიც აჩვენებს წითელი ფაზის დასრულებამდე დარჩენილ დროს, ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური მექანიზმია. კვლევები ადასტურებს, რომ როდესაც ქვეითი ხედავს კონკრეტულ ციფრს, მისი ფსიქოლოგიური დამაბულობა იკლებს და მოთმინების ზღვარი საგრძნობლად იზრდება. ასევე, საგზაო მოძრაობის მართვის სპეციალისტებმა შუქნიშნების ფაზური განაწილებისას შეუძლიათ იხელმძღვანელონ არა მოძველებული სტანდარტებით, არამედ სტატიამოცემული კვლევის შედეგებით. კერძოდ, მეტროსადგურებთან მსგავსი ინტენსივობის კვანძებზე წითელი ფაზის ხანგრძლივობა უნდა დაკორექტირდეს 85%-იანი უზრუნველყოფის გათვალისწინებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Li, P. & Huang, H. “Analysis of Pedestrian Waiting Tolerance at Signalized Intersections” Journal of Transportation Engineering (ASCE – American Society of Civil Engineers), USA, 2010y, 452-459pp.;
2. წიქარიშვილი მ. საინჟინრო და სამეცნიერო კვლევის საფუძვლები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბილისი 2021 წ. 152 გვ.;
3. ოქროსაშვილი მ. მეცნიერული კვლევის საფუძვლები. სტუ თბილისი. 2009 წ. 131 გვ.;
4. Налимов В.В. Теория эксперимента. изд. „Наука“ М. 1991г. 205с.;
5. მჭედლიშვილი კ. ყურაშვილი თ. თოდუა გ. ავტომობილიზაციისა და ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის ერთობლივი განვითარების კანონზომიერებათა გამოკვლევა. ჟ. „ტრანსპორტი N1 (21)“ თბილისი 2006 წ. გვ. 48-51;
6. Sun, G. Zacharis, J. Ma, B., Li, S “The Effect of Weather on Pedestrian Waiting Time and Crossing Behavior” Procedia – Social and Behavioral Sciences, Netherlands, 2015y, 43-52pp.

Mathematical Modeling of Vehicle Discharge Dynamics under Variable Longitudinal Gradients and Pedestrian Waiting Tolerance
Giorgi Kakhadze

Abstract:

This paper investigates the correlation between saturation headways and longitudinal gradients within the urban terrain of Tbilisi, based on empirical data covering gradients from -4% to +4%. The study demonstrates that steep downgrades function as natural accelerators for traffic flow, whereas upgrades significantly increase time intervals between vehicles. Through regression analysis, mathematical models were developed for various confidence levels (50%, 85%, and 95%), where the correlation coefficient $r = 0.89$ confirms a strong relationship between terrain characteristics and intersection capacity. Furthermore, the second part of the study focuses on pedestrian waiting tolerance and its impact on traffic throughput at one of Tbilisi's most congested nodes—the intersection near "Akhmeteli Theatre" metro station. Statistical analysis and regression modeling reveal that the 85th-percentile pedestrian patience threshold is alarmingly low, ranging from 15 to 38 seconds, which significantly falls below international standards. The research identified a strong negative correlation between adverse meteorological conditions (rain), peak-hour congestion, and the duration of pedestrian waiting tolerance. The paper provides concrete recommendations for the reintroduction of countdown timers at traffic lights and the optimization of signal cycles. Additionally, it emphasizes the importance of road culture education from an early age, which is critical for ensuring road safety and mitigating urban traffic congestion.

Keywords:

Pedestrian waiting tolerance, Saturation headway, Longitudinal gradient, Road capacity, Impact of meteorological factors, Road safety.

Математическое моделирование времени ожидания пешеходов и динамики трогания автомобилей в условиях переменного продольного уклона

Георгий Кахадзе

Резюме:

Данная статья посвящена исследованию зависимости временных интервалов трогания транспортного потока от продольного уклона дорог на примере рельефных условий г. Тбилиси. На основе эмпирических данных, охватывающих уклоны от -4‰ до +4‰, установлено, что крутой спуск действует как естественный ускоритель потока, в то время как подъем значительно увеличивает интервалы между автомобилями. В результате регрессионного анализа выведены математические модели для различных уровней доверительной вероятности (50%, 85%, 95%), где коэффициент корреляции $r = 0.89$ подтверждает тесную связь между рельефом и пропускной способностью. Вторая часть статьи посвящена исследованию порогового времени ожидания пешеходов и его влиянию на пропускную способность дорожного движения на одном из наиболее загруженных и проблемных узлов г. Тбилиси — прилегающей территории к станции метро «Ахметелис театри». На основе статистического анализа и регрессионного моделирования установлено, что время ожидания пешеходов при 85-процентной обеспеченности является критически низким и варьируется от 15 до 38 секунд, что значительно ниже международных стандартов. Исследование выявило сильную отрицательную корреляцию между метеорологическими условиями (осадками), часами пик и временем психологического ожидания пешеходов. Работа предлагает конкретные рекомендации по возвращению табло обратного отсчета времени на светофорах и оптимизации светофорных циклов. Также подчеркивается важность обучения дорожной культуре с раннего возраста, что является критически важным для обеспечения безопасности дорожного движения и снижения интенсивности заторов.

Ключевые слова:

Интервал трогания, Продольный уклон, Пропускная способность, Пороговое время ожидания пешеходов, Уровень обеспеченности, Табло обратного отсчета.

მიკროჰესები და მათი განვითარების შესახებ საქართველოში ამირან თალაკვაძე*

**შპს სამეცნიერო-საწარმოო ფირმა „კომპაქტი“ დირექტორი, ინჟინერიის დოქტორი, საინჟინრო და
ვაზისის აკადემიების წევრი, საქართველოს ეროვნული აკადემიის ექსპერტი
საინჟინრო მეცნიერებათა დარგში, ელ. ფოსტა: ltdcompact@yahoo.com
(შპს სამეცნიერო-საწარმოო ფირმა „კომპაქტი“, ზახტრიონის ქ. 20/92, თბილისი,
საქართველო)*

რეზიუმე:

ელექტრო ენერჯის გამომუშავება მიკროჰესების მეშვეობით საკმაოდ პოპულარობით სარგებლობს არა მხოლოდ ჩვენ ქვეყანაში, არამედ მთელ მსოფლიოში. ჩვენი ინსტიტუტის კვლევის საგანი იყო 10 კილოვატამდე სიმძლავრის მიკროჰესების პროექტირება მათი დამზადება და მონტაჟი საქართველოს მცირე მდინარეებზე და ნაკადულებზე. უკანასკნელ წლებში, ასეთი მიკროჰესების დამზადება და გაშვება საქართველოში შემცირდა. პატარა მთის სოფლებში და დასახლებულ პუნქტებში, სადაც ელექტრო ენერჯია არ არის, ასეთი ჰესების ამუშავება მეტად საშური საქმეა. ეს კი ერთ-ერთი წინაპირობა იქნება სოფლებიდან ხალხის მიგრაციის შეჩერების. საქსტატის მონაცემებით დღეისათვის მთიან რეგიონებში ბევრი სოფელია დაცლილი.

საკვანძო სიტყვები:

მიკროჰესი, გენერატორი, ტურბინა, პროპელერი, ძაბვა, მიგრაცია.

ელექტრო ენერჯის მიღება მიკროჰესების მეშვეობით საკმაოდ პოპულარობით სარგებლობს არა მხოლოდ ჩვენ ქვეყანაში, არამედ მთელ მსოფლიოში. ამ ჰესებით ძირითადად სარგებლობდნენ და დღესაც სარგებლობენ, ინდივიდუალურად ოჯახები, წვრილი ფერმერული წარმოებები, მცირე დასახლებები და სხვა.

საქართველოში იყო კომპანიები და ორგანიზაციები, რომლებიც ამზადებდნენ საკმაოდ კარგი ხარისხის მიკროჰესებს, ძირითადად 10 კილოვატამდე სიმძლავრის. ასეთ მიკროჰესები მონტაჟდებოდა ძირითადად მცირე მდინარეებზე და მათ შენაკადებზე საქართველოს მთიან რეგიონებში, ისეთში როგორცაა მთიანი აჭარა, გურია, რაჭა, სვანეთი და სხვა.

განსაკუთრებით აქტუალური იყო ეს საკითხი გასული საუკუნის 90-იან წლებში, როდესაც სახელმწიფო ვერ ახერხებდა ელექტრო ენერჯის მიწოდებას ყველა დასახლებულ პუნქტამდე.

აღნიშნული მიკროჰესების მუშაობის შესახებ ფართო საზოგადოებას არ აქვს სრული ინფორმაცია, ამიტომ ამ სტატიის მიზანია სწორედ ეს არის. მარტივად განვმარტოთ თუ რას წარმოადგენს 10 კილოვატამდე სიმძლავრის მიკროჰესები და მოკლედ ვუპასუხოთ იმ შეკითხვებს, რომელიც დაინტერესებულ ადამიანებს აინტერესებს.

მიკრო ჰესი შედგება რამოდენიმე ძირითადი კომპონენტისგან, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის ენერჯის ელექტრო ენერჯიად გარდაქმნას. მილისა და

პროპელიანი გენერატორის კონფიგურაცია ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი და გავრცელებული მეთოდია ჰიდროენერგეტიკაში.

მიკრო ჰესის ძირითადი ნაწილებია:

1. წყლის შემტანი არხი ან რეზერვუარი-აკავებს და წარმართავს წყალს მილში.
2. წნევიანი მილი-მაღალი წნევის მქონე მილი, რომელიც წყალს მიაწოდებს გენერატორს. მას უნდა ჰქონდეს საკმარისი სიმტკიცე და გამძლეობა, რათა გაუძლოს წნევას.
 - ძირითადად ის დამზადებულია ფოლადისაგან (გააჩნია წნევას და გარემო პირობებს).
 - დიამეტრი დამოკიდებულია დებიტზე და წნევაზე.
3. ტურბინა (პროპელიანი სისტემა)-წყლის ნაკადი ატრიალებს პროპელიან ტურბინას, რომელიც დაკავშირებულია გენერატორთან.
 - ყველაზე ხშირად გამოიყენება კაპლანის ტურბინა წყლის მცირე სიმაღლის ვარდნის დროს.
 - ალტერნატივაა სხვა ტიპის ტურბინების გამოყენება, თუ წყლის ვარდნის მაღალი სიმაღლეა.
4. გენერატორი-მექანიკურ ენერგიას გარდაქმნის ელექტრო ენერგიად.
 - შეიძლება იყოს მაგნიტური ან ასინქრონული გენერატორი.
5. გამმართავი და კონტროლის სისტემა-არეგულირებს ძაბვას და სიხშირეს, არეგულირებს დატვირთვას.
6. ელექტრო ენერგიის გამტარი სისტემა-კაბელები და ინვერტორები, რომლებიც ენერგიას მიაწოდებენ მომხმარებელს.

როგორ მუშაობს?

- წყალი შემოდის მილის საშუალებით და ქმნის წნევას.
- მილი ახდენს ნაკადის ფოკუსირებას და წარმართავს მას ტურბინისკენ.
- წყლის ნაკადი ატრიალებს პროპელერს, რომელიც უკავშირდება გენერატორს.
- გენერატორი გარდაქმნის ამ მექანიკურ მოძრაობას ელექტრო ენერგიად.
- ენერგია გადაეცემა ქსელს ან აკუმულიატორს.

მიკრო ჰესის გამმართავი და კონტროლის სისტემა უზრუნველყოფს გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელექტრო ენერგიის სტაბილურობას, ძაბვისა და სიხშირის რეგულირებას, იცავს აღჭურვილობას დაზიანებისგან.

ძირითადი კომპონენტები:

1. ჩამტვირთავი კონტროლერი.
 - ის არეგულირებს გენერატორის დატვირთვას ისე, რომ სიხშირე (ჰც) და ძაბვა(ვ) სტაბილური იყოს.
 - გადატვირთვისგან იცავს სისტემას-თუ მომხმარებელი მოიხმარს ნაკლებ ენერგიას, ის ავსებს ავსებს ხელოვნურ დატვირთვას (მაგალითად დამატებითი გამათბობლით).
2. სიხშირის და ძაბვის სტაბილიზატორი.
 - ინარჩუნებს სტაბილურ ძაბვას (მაგ. 220ვ ან 380ვ) და არ აძლევს საშუალებას, რომ გადაცდეს დასაშვებ ზღვარს.
 - აკონტროლებს გენერატორის მაგნიტურ ველს, რომ გამომუშავებული ენერგია იყოს სტანდარტური.
3. ინვერტორი. (თუ სისტემა მუშაობს მუდმივ ძაბვაზე).
 - თუ სისტემა მუშაობს მუდმივი ძაბვის გენერატორზე, ინვერტონი გარდაქმნის მუდმივ ძაბვას ცვლად ძაბვად.

გამოიყენება, თუ შენახვა ბატარეებში ხდება.

4. მზომი და მონიტორინგის სისტემები.

- ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი - აჩვენებს გამომუშავებელ ძაბვას და დენს.

- ჰერცმეტრი-აკონტროლებს სიხშირეს (სტანდარტულად 50ჰც).

- წყლის ნაკადის სენსორები - შეიძლება დაემატოს ავტომატური კონტროლის გასაუმჯობესებლად.

5. დაცვის სისტემები.

- დამცავი ამომრთველები - ხელს უშლის მოკლე ჩართვას და გადატვირთვას.

- მიწის გამტარი - იცავს სისტემას მეხისა და ზედმეტი ძაბვისაგან.

- თერმული დაცვა - იცავს გადახურებისაგან.

როგორ მუშაობს სისტემა?

1. გენერატორი გამოიმუშავებს ელექტროენერგიას.

2. ჩამტვირთავი კონტროლერი და სტაბილიზატორი აკონტროლებს სიხშირეს და ძაბვას.

3. თუ ძაბვა და სიხშირე იცვლება, სისტემა ავტომატურად არეგულირებს დამატებით დატვირთვას ან ენერჯის გამტარობას.

4. დამცავი მექანიზმები (ამომრთველები, მიწის დაცვა) იცავს სისტემას დაზიანებისაგან.

რატომ არის ეს სისტემა აუცილებელი?

- თუ კონტროლი არ იქნება, ძაბვის ვარდნა ან გადატვირთვა დააზიანებს გაუმართაობას ან მოწყობილობებს.

- ივერტორი და სტაბილიზატორი უზრუნველყოფენ სისტემის ეფექტურ მუშაობას.

- დამცავი კომპონენტები იცავენ გენერატორს და მომხმარებლის ქსელს.

საქართველოში მიკრო ჰესების (მიკრო ჰიდროელექტროსადგურები) დამზადება და მონტაჟს რამდენიმე კომპანია ახორციელებდა. ეს კომპანიები სპეციალიზირებულები იყო მცირე ჰიდროენერგეტიკულ პროექტებში და გვთავაზობდნენ როგორც მპწყობილობების წარმოებას, ასევე მონტაჟსა და ტექნიკურ მომსახურებას.

მიკრო ჰესების წარმატებული განხორციელებისათვის აუცილებელია დეტალური ჰიდროგეოლოგიური და გეოდეზიური კვლევები, რათა სწორად განისაზღვროს სადგურის სიმძლავრე და ტექნიკური პარამეტრები.

საქართველოს კანონმდებლობის მიხედვით, ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების მშენებლობა და ექსპლოატაცია საჭიროებს შესაბამის ნებართვებს და ლიცენზიებს. ამ პროცესში აუცილებელია კომპეტენტური კომპანიების ჩართულობა, სათანადო დოკუმენტაციის მომზადებას და ნებართვების მიღებაში.

და ბოლოს, ჩვენი სამეცნიერო ორგანიზაცია იყო ერთ-ერთი იმ ორგანიზაციებს შორის, სადაც მიკროჰესების ყველა ძირითადი კომპონენტი მზადდებოდა და ჩვენივე თანამშრომლებს შეეძლო მისი მოწყობა და გაშვება ადგილზე.

სამწუხაროდ, ამჟამად ჩვენ აღნიშნულ საქმიანობას ვეღარ ვეწევით, მაგრამ იმედია არსებობენ სხვა კომპანიები, რომლებსაც შეუძლიათ ასეთი მიკრო ჰესების დამზადება და ადგილზე გამართვა, მითუმეტეს რომ ასეთი მიკროჰესების დამზადება და მათი გაშვება ჩვენი ქვეყნისთვის მეტად საშური საქმეა.

ამის დასამტკიცებლად ციფრები მოვიშველიოთ. კერძოდ: 2014 წლის მონაცემებით საქართველოში სულ დაცარიელებული იყო 3633 სოფელი. აქედან 223 სოფელი სრულად გაუკაცრიელებულია ე.ი. არცეთი ადამიანი არ ცხოვრობს. დაახლოებით 250 სოფელია, სადაც

10 ადამიანზე ნაკლები ცხოვრობს, ხოლო 25 ადამიანზე ნაკლები დაახლოებით 500 სოფლამდეა.

ყველაზე მეტად დაცარიელებული სოფლებია:

- რაჭა-ლეჩხუმსა და ქვემო სვანეთში,
- მთიან იმერეთში,
- სამეგრელო ზემო სვანეთის მთიან ნაწილში,
- მცხეთა-თიანეთში,
- კახეთის ზოგიერთი მთიანი სოფელი.

ალბათ დიდი მტკიცება არ სჭირდება იმას, რომ სოფლები ძირითადად იცლება იმიტომ, რომ იქ არ არის საცხოვრებლად, ელემენტარულად დამაკმაყოფილებელი პირობები. ამ პირობებიდან ერთ-ერთი მთავარი კი არის ელექტრო ენერჯის არ არსებობა. მხოლოდ მთავრობა ვერ გადაწყვეტს იქ ელექტრო ენერჯის პრობლემას. ყოვლად გაუმართლებელია ათეული კილომეტრის ელექტრო გადამცემი ხაზების მოყვება ასეთ სოფლებამდე, სადაც შეიძლება 10 კაციც არ ცხოვრობდეს. ერთ-ერთი გამოსავალი კი ასეთი მიკროჰესების დამზადება და ადგილზე გამართვაა, რაც რათქმაუნდა მეტნაკლებად შეაჩერებს ქვეყნისათვის დამლუპველ მიგრაციას.

ექსპერტების შეფასებით საქართველოში მიკროჰესები (10-20კვტ), სავარაუდოდ არის 50-100 ობიექტი, ხოლო 10კვტ სიმძლავრის კი 50-ზე ნაკლები. უმეტესობა არის ფერმებში, სოფლის მცირე სარწყავ არხებზე, კერძო სახლებისთვის.

ამ ჰესების არსებობის შესახებ, პრაქტიკულად ოფიციალური სტატისტიკა არსად არ ჩანს, რადგან ბევრი კერძოა და ქსელში არ არის რეგისტრირებული.

ენერგეტიკული კვლევის მიხედვით, საქართველოში მიკრო ჰესების ტექნიკური პოტენციალი შეიძლება იყოს რამოდენიმე ასეული, დაახლოებით 300-500 ადგილი. მაგალითად პატარა მთის ნაკადულზე შეიძლება გაკეთდეს 3-10კვტამდე სიმძლავრის მიკროჰესი, რომელსაც შეუძლია უზრუნველყოს დაახლოებით 2-5 სახლი ელექტრო ენერჯით. ასეთი სადგურები ხშირად დამბის გარეშე მუშაობენ და იყენებენ მხოლოდ წყლის ნაკადის ნაწილს.

როგორც ზემოთაღნიშნულიდან ჩანს 10-ჯერ მეტი 10 კვტამდე სიმძლავრის მიკროჰესები შეიძლება განვითარდეს ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე და ალბათ ამას უნდა მიექცეს მომავალში ყურადღება.

ვფიქრობთ, აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა მეტად საშური საქმეა და ყველანი რაც უფრო ადრე შეუდგებით, ამ წყლის რესურსებით მდიდარ ქვეყანაში, მის მოგვარებას უკეთესი იქნება ჩვენთვის და ჩვენი მომავლისთვის.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. ა. თალაკვაძე - მცირე ელექტრული მანქანების საკავშირო ინსტიტუტის თბილისის ფილიალის კვლევები, ქ. თბილისი. 1991წ.;
2. ა. თალაკვაძე - სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი „კომპაქტი“, „მიკროჰესების პროექტირება და დამზადება“, ქ. თბილისი, 1993წ.;
3. საქართველოს სტატისტიკის დეპარტამენტის 2014 წლის საყოველთაო აღწერის მასალები, ქ. თბილისი.

Micro-Hydro Power Plants and Their Development in Georgia Amiran Talakvadze

Abstract:

Electricity generation through micro-hydro power plants (MHPPs) is quite popular not only in our country but throughout the entire world. The research subject of our institute involved the design, manufacture, and installation of micro-hydro power plants with a capacity of up to 10 kilowatts on Georgia's small rivers and streams. In recent years, the production and commissioning of such micro-hydro plants in Georgia have decreased. In small mountain villages and settlements where electricity is unavailable, putting such power plants into operation is a matter of great urgency. This will be one of the prerequisites for stopping the migration of people from the villages. According to Geostat data, many villages in mountainous regions are currently deserted.

Keywords:

Micro-hydro power plant, generator, turbine, propeller, voltage, migration.

Микро-ГЭС и их развитие в Грузии Амиран Талаквдзе

Резюме:

Выработка электроэнергии с помощью микро-ГЭС пользуется значительной популярностью не только в нашей стране, но и во всем мире. Предметом исследования нашего института были проектирование, изготовление и монтаж микро-ГЭС мощностью до 10 киловатт на малых реках и ручьях Грузии. В последние годы изготовление и запуск таких микро-ГЭС в Грузии сократились. В малых горных селах и населенных пунктах, где нет электроэнергии, запуск таких станций является крайне насущным делом. Это станет одной из предпосылок для прекращения миграции населения из сел. По данным Сакстата (Грузстата), на сегодняшний день многие села в горных регионах опустели.

Ключевые слова:

Микро-ГЭС, генератор, турбина, пропеллер, напряжение, миграция.

პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის რეცეპტურის შემუშავება

გიორგი აღნიაშვილი*

*დოქტორანტი, სტუ. ელ. ფოსტა: agniashviligiorgi92@gmail.com

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

რეზიუმე:

ნაშრომში განხილულია საგზაო ბიტუმების მოდიფიკაციის ძირითადი მიმართულებები, სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის პოლიმერისა და სხვადასხვა პლასტიფიკატორის, როგორც მოდიფიკატორის, გავლენის მექანიზმი ნავთობის ბიტუმების თვისებებზე. კვლევის მიზანი იყო პოლიმერის თავსებადობისა და პლასტიფიკატორის გავლენის შეფასება საბოლოო პროდუქტის - პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის - ხარისხსა და სტაბილურობაზე დროთა განმავლობაში. ჩატარებულია ლაბორატორიული ანალიზები GOST 58400.1-2019-ის საფუძველზე. მოყვანილია შედეგები BND 60/90 მარკის ბიტუმის საფუძველზე.

ნაშრომში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე, შეიძლება მივუთითოთ რომ, ახალი მოთხოვნების დანერგვა და პროექტირების მოცულობით-ფუნქციურ მეთოდებზე გადასვლა იწვევს საგზაო მშენებლობაში პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელების (პბშ) ფართო გამოყენების აუცილებლობას.

საკვანძო სიტყვები:

ბიტუმი, მოდიფიკაცია, პლასტიფიკატორი, გზები, პოლიმერი.

შესავალი

უხარისხო საგზაო ბიტუმები - საგზაო საფარების ნაადრევი რღვევის ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია. ბიტუმები არ უზრუნველყოფენ ძირითადი შემგსების აუცილებელ ადჰეზიას მინერალური ნაწილაკების მიმართ, რის გამოც საგზაო საფარი ხდება მყიფე სიცივეების დადგომისას, განსაკუთრებით მკაცრი კლიმატის პირობებში, როგორცაა საქართველოს მთიანი რეგიონები. შედეგად წარმოიქმნება ბზარები, რომლებიც ასფალტბეტონის დაბალი სიმტკიცის გამო სწრაფად გარდაიქმნება ნაჯაოებად.

საგზაო საფარების ნაადრევი რღვევის პრობლემის გადასაწყვეტად აუცილებელია პოლიმერებით ან სხვა დანამატებით მოდიფიცირებული მაღალი 9ხარისხის ბიტუმების გამოყენება. ასევე საჭიროა, მშენებლობის სტანდარტების მკაცრი დაცვა და საგზაო საფარის მოწყობის თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება.

პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელები წარმოადგენენ მოდიფიცირებულ ბიტუმს, რომელიც აუმჯობესებს ასფალტბეტონის საფარების საექსპლუატაციო მახასიათებლებს. ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლენილი იყო, რომ ბიტუმში სხვადასხვა სახის დანამატების შეყვანა მოქმედებს ბიტუმის ძირითად თვისებებზე. საწყისი ბიტუმის

მოდულიზაცია პოლიმერული დანამატებით უზრუნველყოფს მათი საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებას.

ძირითადი ნაწილი

ამჟამად რეალიზებადი მასშტაბური პროექტები „უსაფრთხო და ხარისხიანი გზები“ გათვლილია სამამულო ავტომაგისტრალების საექსპლუატაციო მახასიათებლების კარდინალურ გაზრდაზე. პროექტის ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს საგზაო საფარების ხარისხისა და საიმედოობის გაუმჯობესება, მოთხოვნების გამკაცრება საგზაო მასალების მიმართ.

პროექტის ფარგლებში გათვალისწინებულია მოთხოვნების არსებითი გაზრდა ასფალტბეტონის საფარების ხარისხისა და ხანგამძლეობის მიმართ. შემოტანილია საგზაო სამოსების მომსახურების ახალი ნორმატიული ვადები და მკაცრდება მოთხოვნები მათი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მდგომარეობის მიმართ. ეს ზომები მიმართულია საავტომობილო გზების ხანგრძლივი და კარგი ფუნქციონირების უზრუნველყოფისკენ. პროექტში გათვალისწინებულია ასფალტბეტონის ნარევების პროექტირების მოცულობით-ფუნქციურ მეთოდებზე გადასვლა. ეს არის ინოვაციური მიდგომა, რომელიც იძლევა სხვადასხვა დატვირთვების მიმართ უფრო მყარი, ხანგამძლე და მდგრადი საგზაო საფარების შექმნის საშუალებას. მოცულობით-ფუნქციური პროექტირება ითვალისწინებს არა მხოლოდ ტრადიციულ პარამეტრებს, როგორცაა ნარევის მარცვლოვანი შედგენილობა და სიმკვრივე, არამედ მის მოცულობით-მტკიცე მახასიათებლებსაც. შედეგად წარმოიქმნება სიმტკიცის, ხანგამძლეობისა და ელასტიურობის ოპტიმალური კომბინაციის მქონე ნარევები.

ახალი მოთხოვნების დანერგვა და პროექტირების მოცულობით-ფუნქციურ მეთოდებზე გადასვლა იწვევს საგზაო მშენებლობაში პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელების (პბშ) ფართო გამოყენების აუცილებლობას. პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელები წარმოადგენენ მოდიფიცირებულ ბიტუმს, რომელიც აუმჯობესებს ასფალტბეტონის საფარების საექსპლუატაციო მახასიათებლებს.

პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელის საფარებს გააჩნიათ მთელი რიგი უპირატესობები არამოდიფიცირებული ბიტუმის კომპოზიციების საფარებთან შედარებით. მათ გააჩნიათ მყარი და დეფორმაციული მახასიათებლების ნაკლები ტემპერატურული დამოკიდებულება, რაც უზრუნველყოფს საფარის სტაბილურობას სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში. გარდა ამისა, პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელი იძლევა პლასტიკური დეფორმაციების (ლიანდობა) დაგროვების მიმართ მაღალი მედეგობის, დაღლილობის რღვევის (ბზარების წარმოქმნა) მიმართ მნიშვნელოვანი მდგრადობის მქონე საფარების შექმნის საშუალებას. ეს მიიღწევა მაღალი ელასტიურობისა და პოლიმერულ ბიტუმში შიდა ძაბვების რელაქსაციის უნარის ხარჯზე.

საგზაო მშენებლობაში პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელების გამოყენება იძლევა მტკიცე, ხანგამძლე და უსაფრთხო საავტომობილო გზების შექმნის ფართო შესაძლებლობებს. ეს მოგვცემს საქართველოს გზების ხარისხისა და საექსპლუატაციო მახასიათებლების არსებითად გაზრდის საშუალებას, უზრუნველყოფს რა გადაადგილების კომფორტსა და უსაფრთხოებას საგზაო მოძრაობის ყველა მონაწილისათვის. შედეგად მიიღება პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელი გაუმჯობესებული მახასიათებლებით, რაც უზრუნველყოფს ასფალტბეტონის საფარების ხარისხისა და ხანგამძლეობის გაზრდას. ინვესტიციები

ხარისხიან საგზაო ბიტუმებსა და საგზაო საფარის ხარისხის კონტროლის კომპლექსურ სისტემაში - ეს არის არა მხოლოდ უსაფრთხო და კომფორტული გადაადგილების გარანტია, არამედ ხარჯების მნიშვნელოვანი ეკონომია ხანგრძლივ პერსპექტივაში.

კვლევის ობიექტად შერჩეული იყო BND 60/90, რომელთა თვისებები და ჯგუფური შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.

BND 60/90 -ის ჯგუფური შედგენილობა

ზეთები	57,27
ფისები	24,68
ასფალტენები	18,05

კვლევების დაწყების წინ ჩატარებული იყო საწყისი ბიტუმის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების ლაბორატორიული ანალიზები GOST 33133-2014-ის მიხედვით. საწყისი ბიტუმის მახასიათებლები და GOST-ის მოთხოვნები მოყვანილია ცხრილ 2-ში.

ცხრილი 2.

საწყისი ბიტუმის დახასიათება

ხარისხის მაჩვენებელი	ანალიზის შედეგები	GOST
ნემსის შეღწევის სიღრმე +25°C ტემპერატურის დროს	74	GOST 33136
ჭიმვაძობა +25°C დროს, სმ	76	GOST 33138
სიმციფის ტემპერატურა ფრასის მიხედვით °C	-20	GOST 33143
ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა (მოწყობილობა „ბურთულა და რგოლი“)	56	GOST 33142
ნემსის შეღწევის სიღრმე 0°C ტემპერატურის დროს	30	GOST 33136
ჭიმვაძობა 0°C დროს, სმ	8,13	GOST 33138

შემდგომ ეტაპზე შეირჩეოდა შემკვრელის რეცეპტურა ბიტუმის, სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის-პოლიმერისა და ПН-6III პლასტიფიკატორის საფუძველზე.

ცნობილია, რომ სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლისგან დამზადებული ბიტუმის შედგენილობაში დამატებული სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლის მოდიფიკატორი წარმოადგენს ხელოვნურ კაუჩუკს, რომელიც უზრუნველყოფს ბიტუმის მოქნილობას დაბალი ტემპერატურების დროსაც. ეს მოდიფიკატორი მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ბიტუმის თვისებებს, ამცირებს რა მის სიმციფეს, ზრდის ელასტიურობას და თითქმის ასჯერ ზრდის ფარდობით წაგრძელებას. იმავდროულად, ნარჩენი წაგრძელება მცირდება, უმჯობესდება დალილობის თვისებები, რაც შედეგად ახანგრძლივებს მასალის მომსახურების ვადას.

მოდიფიკატორ-პლასტიფიკატორით ბიტუმის დამუშავების შედეგად იზრდება მისი დრეკადობა დაბალი ტემპერატურების დროს, უმჯობესდება მინერალურ კომპონენტებთან მოჭიდება და იზრდება მდგრადობა დიდი დეფორმაციების მიმართ. მოდიფიკატორების დამატება ასევე აფერხებს ბიტუმის დაჟანგვას და ამცირებს მიკრობზარების წარმოქმნას.

მოდულიზებული ბიტუმის გამოყენებით ასფალტბეტონის საფარის მქონე გზების ექსპლუატაციის ვადა ორჯერ იზრდება.

პირველ ეტაპზე მზადდება მოდიფიკატორ - პლასტიფიკატორი - სტიროლ-ბუტადიენ - სტიროლი - პოლიმერისა და ПН-6III პლასტიფიკატორის ნარევი. ექსპერიმენტული მეთოდით განსაზღვრული იყო კომპონენტების თანაფარდობა 15% პოლიმერი / 85% პლასტიფიკატორის ნარევიში. შემდგომ, დამზადებული მოდიფიკატორი შეჰყავთ ბიტუმში ინტერვალებით 2,5-3 საათის განმავლობაში 180°C-ზე. ცხრილ 3-ში მოყვანილია მოდიფიკატორის შემდეგი კონცენტრაციების გამოყენებით მიღებული შემკვრელების თვისებები: 5%, 10%, 15%.

მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 3.

ცხრილი 3.

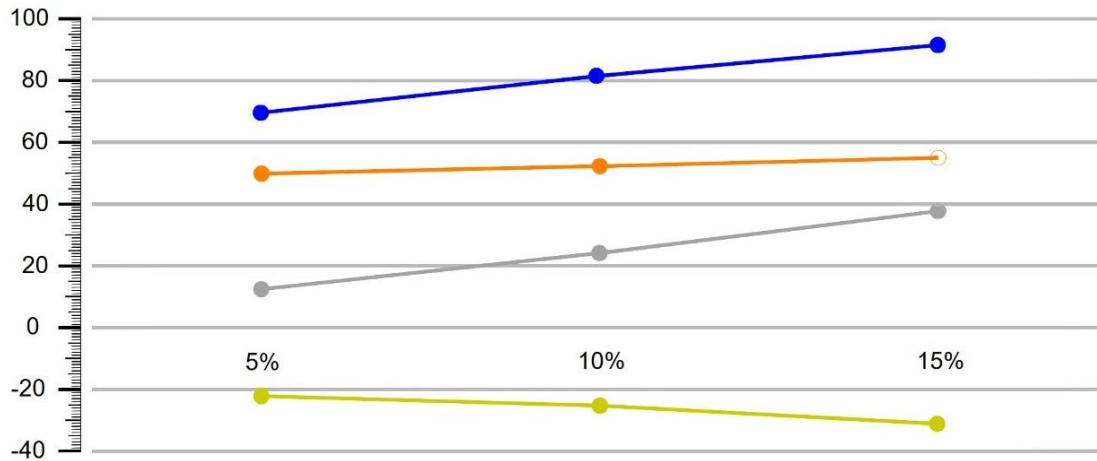
ხარისხის მაჩვენებელი	5%	10%	15%
ნემსის შეღწევის სიღრმე +25°C ტემპერატურის დროს	79	87	96
ჭიმვაღობა +25°C დროს, სმ	83	97	100-ზე მეტი
სიმციფის ტემპერატურა ფრასის მიხედვით °C	-22	-25	-29
ბიტუმის დარბილების ტემპერატურა (მოწყობილობა „ბურთულა და რგოლი“)	53	58	60
ნემსის შეღწევის სიღრმე 0°C ტემპერატურის დროს	36	41	44
ჭიმვაღობა 0°C დროს, სმ	13	25	39

პირველ ნახაზზე ნაჩვენებია მახასიათებლების ცვლილება სხვადასხვა კონცენტრაციებისას. ჩატარებული ანალიზებითა და მიღებული შედეგებით ვხედავთ ბიტუმის მასალებისადმი წაყენებული ხარისხის აბსოლუტურად ყველა ძირითადი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლენილი იყო, რომ ბიტუმში სხვადასხვა სახის დანამატების შეყვანა მოქმედებს ბიტუმის ძირითად თვისებებზე. საწყისი ბიტუმის მოდიფიკაცია პოლიმერული დანამატებით უზრუნველყოფს მათი საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებას.

პოლიმერ-ბიტუმის შემკვრელში 5% მოდიფიკატორის დამატებისას, 25°C-ზე ნემსის შეღწევის სიღრმე 5 ერთეულით იზრდება. ჭიმვაღობა 25°C-ზე 7 ერთეულით იზრდება. იმავდროულად შეინიშნება დარბილების ტემპერატურის კლება და სიმციფის ტემპერატურის გაუმჯობესება.

10% მოდიფიკატორის დამატებისას, 25°C-ზე ნემსის შეღწევის სიღრმე 13 ერთეულით იზრდება. ჭიმვაღობა 25°C-ზე მნიშვნელოვნად მატულობს და შეადგენს 11 ერთეულს. შეინიშნება სიმციფისა და დარბილების ტემპერატურის დიაპაზონის ზრდა, წინა კონცენტრაციასთან შედარებით.

მოდულიკატორის შერევის შემდეგ მახასიათებლების ცვლილება



ნახაზი 1. მახასიათებლების ცვლილება სხვადასხვა კონცენტრაციებისას.



15% მოდიფიკატორის დამატებისას შეინიშნება ხარისხის ყველა მაჩვენებლების გაუმჯობესება. 25°C-ზე ნემსის შეღწევის სიღრმე 22 ერთეულით იზრდება. ჭიმვადობა 25°C-ზე აღწევს 100 სმ-ზე მეტ ნიშნულს. სიმყიფის ტემპერატურა 9°C-ით იკლებს, რაც შესანიშნავი შედეგია. სხვა მაჩვენებლებთან შედარებით, დარბილების ტემპერატურა კარდინალურად არ იცვლება, თავდაპირველად შეადგენდა 56°C, ყველა კონცენტრაციების შემდეგ მაქსიმალურმა ტემპერატურამ შეადგინა 60°C.

მაჩვენებლების გაუმჯობესება იმით აიხსნება, რომ სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლ პოლიმერი აკლებს ბიტუმის დასკდომის ტემპერატურას, ხდის რა მას უფრო მოქნილს და ნაკლებად მყიფეს, ვინაიდან დაბალი ტემპერატურებისას, ბიტუმი შეიძლება გახდეს მყიფე და დატვირთვის ზემოქმედებით დასკდეს. სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლ პოლიმერი აფერხებს ბიტუმის სიმყიფეს, ზრდის მის ელასტიურობას და აკლებს მის მგრძნობელობას ტემპერატურის ცვალებადობის მიმართ. სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლ პოლიმერი აუმჯობესებს ბიტუმის ელასტიურობას, არიდებს რა დასკდომას დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაშიც. სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლ პოლიმერი ზრდის ბიტუმის ჭიმვადობას, რაც მას აძლევს უფრო მეტი დეფორმაციების გაძლების საშუალებას გაწყვეტის გარეშე. გაზრდილი ჭიმვადობა იწვევს ბიტუმის წინააღმდეგობის გაზრდას დასკდომის მიმართ.

ასევე, ПН-6III პლასტიფიკატორის დამატება ზრდის ბიტუმის დენადობას, რაც იძლევა სირბილის ტემპერატურის დაკლებისა და მისი თერმომედეგობის გაზრდის საშუალებას მაღალ ტემპერატურებზე.

დასკვნა

შეჯამებისას აუცილებელია აღინიშნოს, რომ პოლიმერული დანამატების გამოყენება იძლევა საფარზე დეფექტების წარმოქმნის შემცირებისა და საგზაო საფარების

რემონტორის ვადის გაზრდის საშუალებას. აფართოებს ტემპერატურულ ინტერვალს, ზრდის დეფორმაციების მიმართ სტაბილურობასა და ხანგამძლეობას. ჯამში, ბიტუმზე სტიროლ-ბუტადიენ-სტიროლ პოლიმერის დამატება იძლევა მისი მახასიათებლების მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებისა და ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებისადმი ადაპტაციის საშუალებას, რაც ბიტუმს ხდის უფრო საიმედოს, ხანგამძლეს და მდგრადს გარემოს ზემოქმედებისა და მექანიკური დატვირთვების მიმართ.

ПН-6III პლასტიფიკატორი აუმჯობესებს ბიტუმის თერმომდგრადობას მისი დენადობის და მოლეკულური სტრუქტურის ოპტიმიზაციის ხარჯზე, რაც მასალას ხდის უფრო ხანგამძლეს მაღალი ტემპერატურების ზემოქმედებისას.

ჩატარებული ანალიზებისა და მიღებული შედეგებით ვხედავთ ბიტუმის მასალებისადმი წაყენებული ხარისხის აბსოლუტურად ყველა ძირითადი ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლენილი იყო, რომ ბიტუმში სხვადასხვა სახის დანამატების შეყვანა მოქმედებს ბიტუმის ძირითად თვისებებზე. საწყისი ბიტუმის მოდიფიკაცია პოლიმერული დანამატებით უზრუნველყოფს მათი საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესებას.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. GOST 33133-2014. საერთო გამოყენების საავტომობილო გზები. ბლანტი საგზაო ნავთობის ბიტუმები;
2. ია. ნ. კოვალიოვი. ბიტუმის კაფსულირება ქიმიურად თავსებადი პოლიმერული დანამატით, მოდიფიცირებული შემკვრელისა და ასფალტბეტონის თვისებები მის საფუძველზე / ია. ნ. კოვალიოვი, ვ.ნ. რომანიუკი // მეცნიერება და ტექნიკა საგზაო დარგში. – 2007. - №1. - გვ. 29-31;
3. ს.ა. ახმეტოვი. ნავთობისა და გაზის ღრმა გადამუშავების ტექნოლოგია: სასწავლო სახელმძღვანელო სასწავლებლებისათვის / ს.ა. ახმეტოვი. - უფა: გილემ, 2002, - 672 გვ;
4. გ.ბ. იუნუსოვა. საავტომობილო სალტეების ნარჩენების შებრუნების ციკლის ანალიზი / გ.ბ. იუნუსოვა//ისუ-ს მაცნე - 2013 – 53 გვ;
5. რ.ბ. გუნ. ნავთობის ბიტუმები: სასწავლო სახელმძღვანელო მუშა წარმოქმნისათვის / რ.ბ. გუნ. - მ.: ქიმია, 1989. – 152 გვ;
6. პ.ს. ბელიაევი., მ.ვ. ზაბაზნიკოვი, ო.გ. მალიკოვი, დ.ს. ვოლკოვი. რეზინის ნამცეცების გავლენის გამოკვლევა ნავთობის ბიტუმის ფიზიკურ-მექანიკურ მაჩვენებლებზე / ТТТ -ს მაცნე // 2005 – 930 გვ;
7. ი.ა. აბდულლინ. პოლიმერული მატრიცის მქონე კომპოზიციური მასალები. სასწავლო სახელმძღვანელო / ი.ა. აბდულლინ და სხვ. - ყაზანი: ყ.ს.ტ.უ.-ის გამომცემლობა. – 2006. – 144 გვ.

Development of a polymer-bitumen binder recipe

George G. Agniashvili

Abstract

The paper discusses the main directions of road bitumen modification, the mechanism of influence of styrene-butadiene-styrene polymer and various plasticizers as modifiers on the properties of petroleum bitumen's. The purpose of the study was to assess the compatibility of the polymer and the influence of the plasticizer on the quality and stability of the final product - polymer-bitumen binder - over time.

Laboratory analyzes were conducted based on GOST 58400.1-2019. The results are presented based on bitumen of the BND 60/90 brand.

Based on the data presented in the paper, it can be noted that the introduction of new requirements and the transition to volumetric-functional design methods lead to the need for widespread use of polymer-bitumen binders (PBB) in road construction.

Keywords:

Bitumen, modification, plasticizer, roads, polymer.

Разработка рецептуры полимерно-битумного вяжущего

Георгий Агниашвили

Резюме:

В статье рассматриваются основные направления модификации дорожного битума, механизм влияния стирол-бутадиен-стирольного полимера и различных пластификаторов в качестве модификаторов на свойства нефтяных битумов. Целью исследования была оценка совместимости полимера и влияния пластификатора на качество и стабильность конечного продукта – полимер-битумного вяжущего – во времени. Лабораторные анализы проводились в соответствии с ГОСТ 58400.1-2019. Результаты представлены на основе битума марки БНД 60/90.

На основании представленных в статье данных можно отметить, что введение новых требований и переход к объемно-функциональным методам проектирования приводят к необходимости широкого использования полимер-битумных вяжущих (ПБВ) в дорожном строительстве.

Ключевые слова:

Битум, модификация, пластификатор, дороги, полимер.

ობიექტების გეომეტრიული ტრანსფორმაციის ოპტიმიზაციის პრინციპები მოდიფიცირების ინსტრუმენტების გამოყენებით

ნათელა ჯავახიშვილი*, თეა ბარამაშვილი**, ქეთევან ჭკუასელი***,
აკაკი კაკაურიძე****

*ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: n.javakhishvili@gtu.ge;

**ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: baramashvili.t@gtu.ge;

***ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: qetino.chkuaseli@gmail.com;

****ბაკალავრიატის საფეხურის სტუდენტი, სტუ, ელ. ფოსტა: akakikakauridze4@gmail.com.

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

რეზიუმე:

წინამდებარე ნაშრომში დეტალურად არის განხილული გრაფიკული ობიექტების მოდიფიცირებისა და რედაქტირების ფუნდამენტური ინსტრუმენტები, როგორცაა Align (გასწორება), Offset (გადაცილება) და Mirror (სარკისებრი არეკვლა). სტატიაში გაანალიზებულია თითოეული ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი და მათი გავლენა პროექტის გეომეტრიულ სიზუსტეზე. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა Align ფუნქციის გამოყენებას ობიექტების პარალელური განლაგებისას და პარამეტრების სტრიქონში ბმის წერტილების (ღერძი თუ ზედაპირი) სწორ განსაზღვრას. ნაშრომში სიღრმისეულად არის აღწერილი Multiple Alignment რეჟიმის უპირატესობები მრავალკომპონენტთან სისტემებთან მუშაობისას, ასევე ბოქლომის ფუნქციის როლი ობიექტებს შორის დინამიკური კავშირის შენარჩუნებაში. გარდა ამისა, სტატია ეხება Offset ინსტრუმენტის გრაფიკულ და რიცხობრივ მეთოდებს, სადაც ხაზგასმულია Tab კლავიშის გამოყენების ეფექტურობა მთლიანი პერიმეტრის სწრაფი კოპირებისთვის. Mirror ფუნქციის ჭრილში კი განხილულია Pick Axis და Draw Axis რეჟიმების სპეციფიკა, რაც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს ოპტიმალურად მართოს ობიექტების სიმეტრიული ტრანსფორმაცია. ნაშრომი წარმოადგენს პრაქტიკულ სახელმძღვანელოს, რომელიც დაეხმარება სპეციალისტებს სამუშაო პროცესის ავტომატიზაციასა და გრაფიკული მოდელირების ეფექტურობის ამაღლებაში. მასში მოცემული რეკომენდაციები და ვიზუალური ნახაზები ამარტივებს რთული გეომეტრიული ოპერაციების შესრულების პროცესს.

საკვანძო სიტყვები:

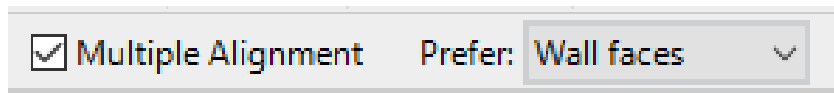
მოდიფიცირების ინსტრუმენტები, გასწორება (Align), გადაცილება (Offset), სარკისებრი არეკვლა (Mirror), პარამეტრების სტრიქონი.

ძირითადი ტექსტი:

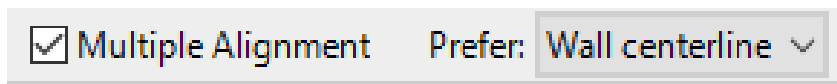
ნაშრომის ძირითად ნაწილში განხილულია კომპიუტერული გრაფიკული პროგრამა Revit-ის მოდიფიცირების ხელსაწყოები: Align (გასწორება), Offset (გადაცილება, ტირაჟირება), Mirror (სარკისებრი არეკვლა).

Align (გასწორება): აღნიშნული ინსტრუმენტი წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საშუალებას ობიექტების ზუსტი გეომეტრიული ორიენტაციისა და მათი ურთიერთგანლაგების მოსაწესრიგებლად. იგი გამოიყენება ერთი ან რამდენიმე ელემენტის გასასწორებლად წინასწარ განსაზღვრული საბაზისო ხაზის, სიბრტყის ან ღერძის მიმართ. გეომეტრიული სიზუსტის დაცვის მიზნით, აუცილებელია, რომ გასასწორებელი ობიექტები ბაზისის მიმართ პარალელურ სიბრტყეში მდებარეობდნენ, რაც უზრუნველყოფს მათ ადეკვატურ ტრანსფორმაციას სივრცეში.

პროცესის დაწყებისას, პარამეტრების სტრიქონში მომხმარებელმა უნდა განსაზღვროს ბმის ტიპი - იქნება ეს ობიექტის ცენტრალური ღერძი (Wall Centerline) თუ კედლის გარე ზედაპირი (Wall Face). ეს არჩევანი მნიშვნელოვანია პროექტის კონსტრუქციული სიზუსტისთვის. იმ შემთხვევაში, თუ სამუშაო პროცესი მოითხოვს მხოლოდ ორი დამოუკიდებელი ელემენტის ურთიერთგასწორებას, პარამეტრების პანელში **Multiple Alignment (მრავლობითი გასწორება)** ალამი უნდა იყოს მოხსნილი (სურ. 1, 2). ეს რეჟიმი საშუალებას გვაძლევს სწრაფად დავაფიქსიროთ წყვილი ელემენტი ერთმანეთის მიმართ ზედმეტი მანიპულაციების გარეშე. აღსანიშნავია, რომ გასწორების შემდეგ სისტემა ხშირად გვთავაზობს "ბოქლომის" სიმბოლოს, რაც საშუალებას იძლევა დაწესდეს მუდმივი კავშირი ამ ორ ობიექტს შორის, რათა ერთის გადაადგილებამ ავტომატურად გამოიწვიოს მეორის შესაბამისი ცვლილება.

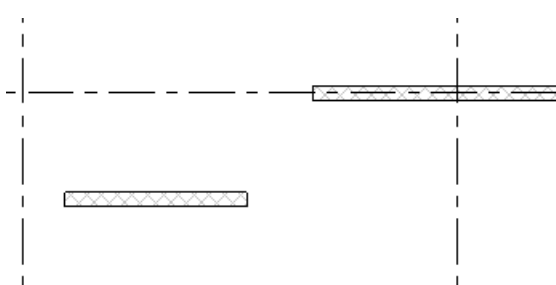


სურ. 1.

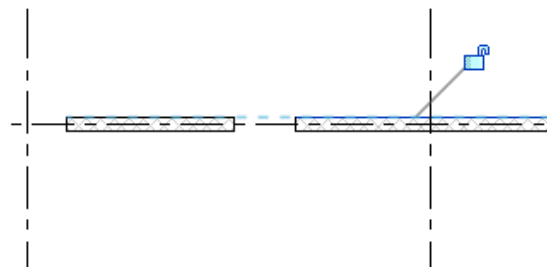


სურ. 2.

რამდენიმე ელემენტის გასწორებისას კი ეს ალამი უნდა ჩაირთოს (ნახ. 1, 2).



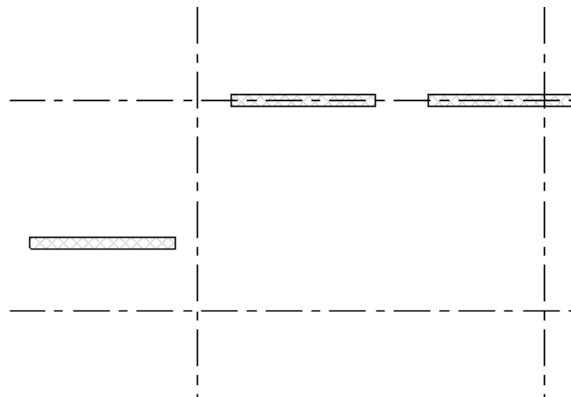
ნახ. 1.



ნახ. 2.

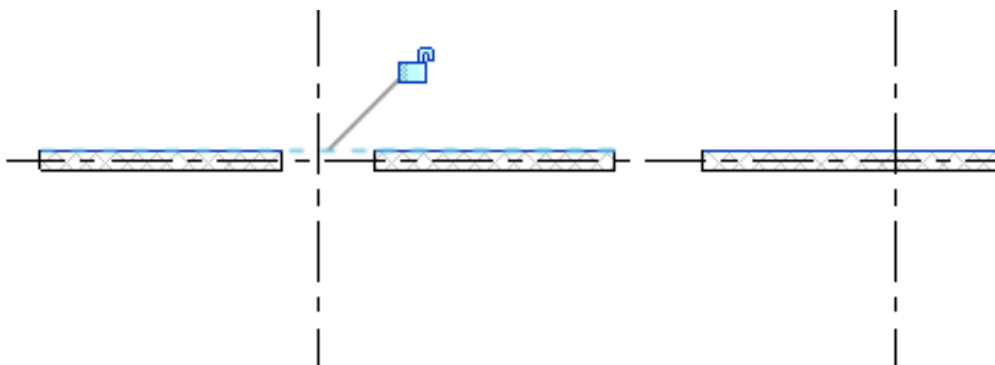
Prefer (უპირატესი) პარამეტრი წარმოადგენს მართვის დამატებით ბერკეტს, რომელიც საშუალებას გვაძლევს უფრო ზუსტად განვსაზღვროთ გასწორების პრიორიტეტული სიბრტყე. მაგალითად, არქიტექტურული ელემენტების მოდელირებისას, შეგვიძლია ავირჩიოთ Wall Face (კედლის ზედაპირი), თუ გვსურს კედლების გარე ზედაპირების ურთიერთდამთხვევა, ან Wall Centerlines (კედლის ღერძი), როდესაც აქცენტი კონსტრუქციულ ღერძულ თანხვედრაზე კეთდება.

მნიშვნელოვანი ფუნქციური დატვირთვა აქვს „ბოქლომის“ (Lock) სიმბოლოს. თუ გასწორების შემდეგ ბოქლომი ჩაკეტილ მდგომარეობაშია, იქმნება მყარი გეომეტრიული კავშირი (Constraint) - ამ შემთხვევაში კედლის ორივე ნაწილი ან შერჩეული ობიექტები ერთიან სისტემად აღიქმება და ნებისმიერი მანიპულაციისას ისინი ერთად გადაადგილდება სივრცეში. საპირისპიროდ, გახსნილი ბოქლომის შემთხვევაში, ობიექტებს შორის დამოკიდებულება წყდება და ისინი დამოუკიდებელ ელემენტებად განაგრძობენ ფუნქციონირებას (ნახ. 3). ეს ნიშნავს, რომ მათ შორის მუდმივი დისტანციური ან პოზიციური კავშირის შენარჩუნება საჭირო აღარ არის.



ნახ. 3.

რაც შეეხება ჯგუფურ მანიპულაციებს, რამდენიმე ობიექტის ერთდროულად გასასწორებლად ვიყენებთ მრავალჯერადი არჩევის პრინციპს: თავდაპირველად განისაზღვრება საბაზისო (საწყისი) ობიექტი, რომლის მიმართაც უნდა მოხდეს სწორება, ხოლო შემდეგ, Multiple Alignment რეჟიმის აქტივაციით, რიგრიგობით ვაკლიკებთ ყველა დანარჩენ ელემენტს (ნახ. 4). ეს მიდგომა მნიშვნელოვნად ზოგავს დროს და უზრუნველყოფს პროექტის ყველა კომპონენტის იდენტურ განლაგებას შერჩეული ორიენტირის მიმართ.

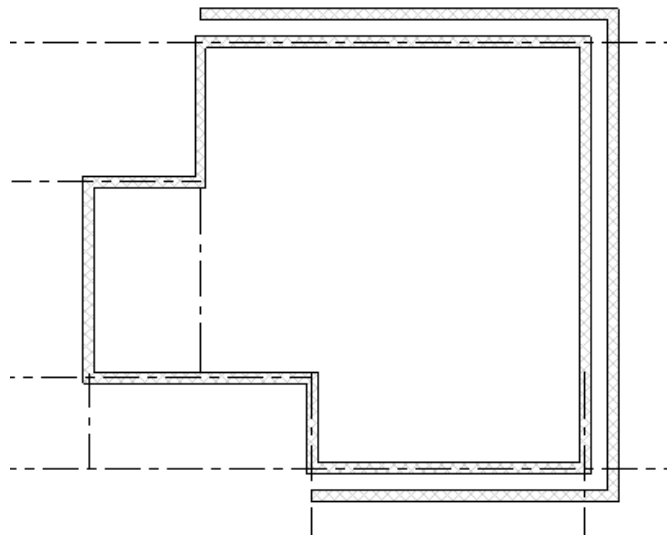


ნახ. 4.

Offset (გადაცილება): აღნიშნული ხელსაწყო წარმოადგენს ეფექტურ მექანიზმს საწყისი ობიექტის პარალელური ასლების შესაქმნელად ან მისი პოზიციის სტატიკური ცვლილებებისთვის. ინსტრუმენტი მომხმარებელს სთავაზობს მუშაობის ორ ძირითად მეთოდს: გრაფიკულს (Graphical) და რიცხობრივს (Numerical). რიცხობრივი მეთოდის

გამოყენებისას, პარამეტრების სტრიქონში ზუსტად განისაზღვრება გადაცილების მანძილი (მაგალითად, 1000 ერთეული), რაც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ სიზუსტეს საპროექტო ნახაზის დამუშავებისას.

პროცესის ოპტიმიზაციის კუთხით, განსაკუთრებით მოსახერხებელია Tab კლავიშის კომბინირებული გამოყენება. მას შემდეგ, რაც პარამეტრების პანელში მიეთითება სასურველი ზომა, კურსორის ობიექტთან (მაგალითად, კედელთან) მიტანისას სისტემა ვიზუალურად აჩვენებს მოსალოდნელი გადაცილების არეალს წყვეტილი ხაზის სახით. ამ მომენტში Tab კლავიშზე დაჭერით ხდება ობიექტთა მთლიანი ჯაჭვის ან პერიმეტრის ავტომატური იდენტიფიცირება, რაც საშუალებას გვაძლევს ერთი კლიკით მივიღოთ მთლიანი კონტურის გადაცილება მითითებული პარამეტრების დაცვით (ნახ. 5).

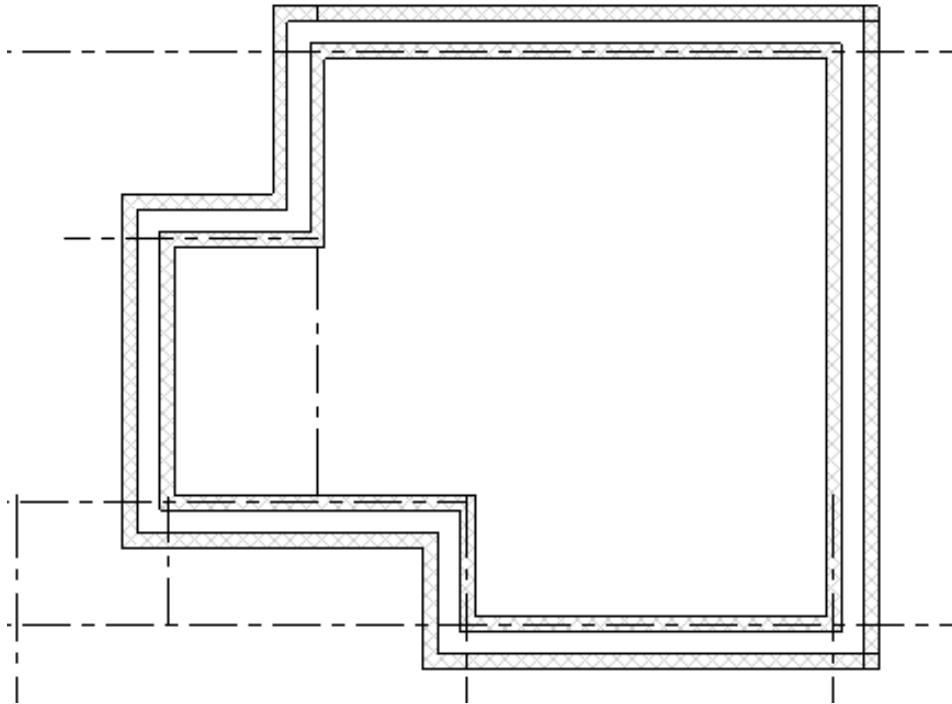


ნახ. 5.

ეს ფუნქცია კრიტიკულად მნიშვნელოვანია რთული გეომეტრიული ფორმების მქონე ნაგებობების სწრაფი რედაქტირებისთვის, რადგან გამორიცხავს თითოეული სეგმენტის ინდივიდუალური დამუშავების საჭიროებას და ამცირებს შეცდომების ალბათობას.

პარამეტრების პანელში არსებული *Copy* (კოპირება) ოფცია მნიშვნელოვნად ცვლის ხელსაწყოს მოქმედების ლოგიკას. იმ შემთხვევაში, თუ ამ ალამს მოვხსნით, სისტემა წყვეტს ახალი ელემენტის გენერირებას და ინსტრუმენტი გადადის ტრანსფორმაციის რეჟიმში - საწყისი ობიექტები დაკოპირების ნაცვლად უბრალოდ გადაადგილდება მითითებული მანძილით შიდა ან გარე მიმართულებით. ეს ფუნქცია განსაკუთრებით მოსახერხებელია პროექტის კორექტირების ეტაპზე, როდესაც საჭიროა არსებული კონტურის ფართობის შეცვლა მისი დუბლირების გარეშე.

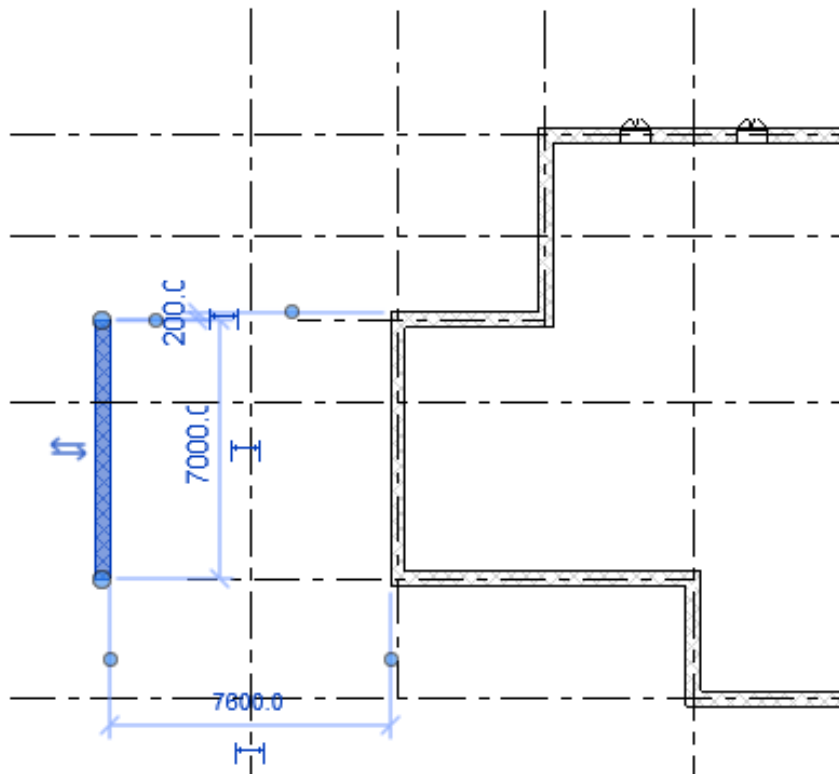
ხელსაწყოს მოქნილობას კიდევ უფრო ზრდის *Graphical* (გრაფიკული) რეჟიმი. მისი გააქტიურებისას, მომხმარებელი აღარ არის შეზღუდული წინასწარ შეყვანილი ციფრული მნიშვნელობებით. ამ რეჟიმში შესაძლებელია თითოეული კედლის ან გრაფიკული ელემენტის ინდივიდუალური მანიპულირება: ობიექტზე დაწკაპუნებით და თავის მარცხენა ღილაკზე ფიქსირებული დაჭერით, ხდება ელემენტის ხელით გადაადგილება სასურველ დისტანციაზე (ნახ. 6). აღნიშნული მეთოდი საუკეთესოა ვიზუალური დაგეგმარებისას, როდესაც ზუსტი რიცხობრივი მონაცემები წინასწარ ცნობილი არ არის და გადაწყვეტილება მიიღება უშუალოდ მოდელირების პროცესში.



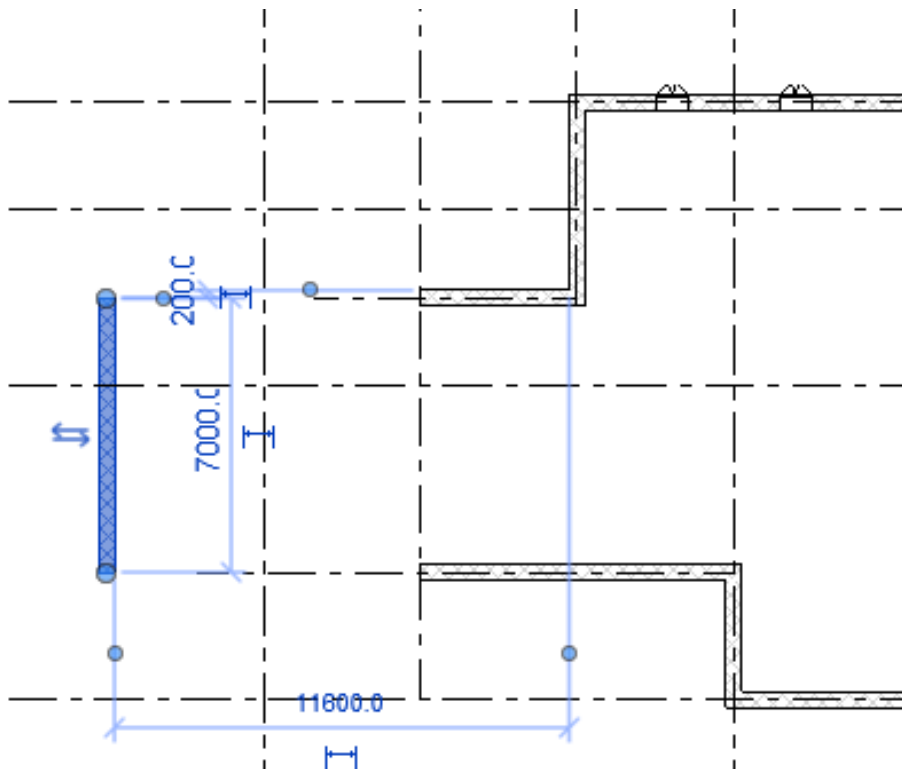
ნახ. 6.

Mirror (სარკისებრი არეკვლა): ობიექტების სიმეტრიული ასახვისა და დუბლირებისათვის პროგრამა გვთავაზობს Mirror ინსტრუმენტს, რომელიც პროექტის მართვის პროცესში ორ ფუნდამენტურ რეჟიმს აერთიანებს. ეს ხელსაწყო კრიტიკულად მნიშვნელოვანია სიმეტრიული არქიტექტურული ფორმებისა და კონსტრუქციული ელემენტების სწრაფი გენერირებისთვის.

1. **Pick Axis (ღერძის არჩევა):** მოცემული მეთოდი გამოიყენება მაშინ, როდესაც სამუშაო სიბრტყეზე უკვე არსებობს რაიმე ორიენტირი - ხაზი, კედლის კიდე ან დამხმარე სიბრტყე, რომელიც შეიძლება გამოდგეს არეკვლის ღერძად. პროცედურა გულისხმობს ობიექტის წინასწარ მონიშვნას და შემდეგ არსებულ ღერძზე დაკლიკებას, რის შედეგადაც ხდება ელემენტის მყისიერი ასახვა (ნახ. 7). განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს Copy (კოპირება) ოფციას: თუ ეს ალამი მოხსნილია, სისტემა არ ქმნის დუბლიკატს და საწყისი ობიექტი მთლიანად გადაადგილდება სიმეტრიულ პოზიციაზე, რაც რეალურად მისი გადაადგილების ტოლფასია (ნახ. 8).
2. **Draw Axis (ღერძის აგება):** აღნიშნული რეჟიმი მომხმარებელს ანიჭებს სრულ თავისუფლებას, რადგან ის არ საჭიროებს წინასწარ არსებულ გრაფიკულ ორიენტირებს. მისი საშუალებით შესაძლებელია არეკვლის ღერძის ხელით აგება ნებისმიერ წერტილში და ნებისმიერი კუთხით. ეს მიდგომა შეუცვლელია არასტანდარტული გეომეტრიული გადაწყვეტილებების დაპროექტებისას, სადაც სიმეტრია რთულ კუთხეებსა და სივრცულ მიმართებებს ეფუძნება.



ნახ. 7.



ნახ. 8.

დასკვნა:

ნაშრომში ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გრაფიკული ობიექტების მოდიფიცირების ინსტრუმენტების - Align, Offset და Mirror - სიღრმისეული ცოდნა და მათი პარამეტრების მართვა გადამწყვეტ როლს ასრულებს პროექტირების პროცესის ოპტიმიზაციაში. კვლევამ აჩვენა, რომ: Align ფუნქციისა და Multiple Alignment რეჟიმის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის ელემენტთა ჯგუფური გასწორების სიზუსტეს და ამცირებს გეომეტრიული ცდომილების რისკს; Offset ხელსაწყოსა და Tab კლავიშის კომბინაცია საშუალებას იძლევა, მინიმალურ დროში დამუშავდეს რთული პერიმეტრის მქონე კონტურები, რაც ზრდის მუშაობის პროდუქტიულობას; Mirror ინსტრუმენტის სხვადასხვა რეჟიმის (Pick Axis, Draw Axis) გამოყენება უზრუნველყოფს მოქნილობას სიმეტრიული ფორმების შექმნისას, მიუხედავად პროექტის გეომეტრიული სირთულისა. საბოლოოდ, წარმოდგენილი ტექნოლოგიური მიდგომები და პრაქტიკული რეკომენდაციები ხელს უწყობს სამუშაო ნაკადის ავტომატიზაციას, რაც აუცილებელი პირობაა თანამედროვე ციფრული მოდელირებისა და მაღალი სტანდარტის საპროექტო დოკუმენტაციის მომზადებისთვის.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. „კომპიუტერული გრაფიკული პროგრამა Revit“ - ნათელა ჯავახიშვილი, თეა ბარამაშვილი, ქეთევან ჭკუასელი; საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“; სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა; ISBN 978-9941-28-999-6; უაკ 513.21; თბილისი, 2023წ.
2. Revit Architect - სახელმძღვანელო; სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა; CD - 7245.
3. Revit Architect - სამუშაო რვეული; სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა; CD - 7246.
4. Wing, Eric. Autodesk Revit 2023 Architecture: Strategy for Architecture and Design. Wiley & Sons, 2022.
5. Vandezande, James & Krygiel, Eddy. Mastering Autodesk Revit 2023. Sybex, 2022.
6. Eastman, Chuck, et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd Edition, Wiley, 2018.
7. Kiviniemi, Arto. The Fundamentals of Building Information Modelling (BIM). Routledge, 2021.
8. Davis, Daniel. Model-Based Design: Advanced Geometric Modeling. Architectural Design, 2019.
9. Autodesk Knowledge Network. Revit Help: Modify Tools and Constraints. [Online Resource] - Official Documentation.
10. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM).
11. Sacks, Rafael. BIM and Construction Management: Proven Tools and Methods. 2nd Edition, Wiley, 2017.
12. Deutsch, Randy. BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice. Wiley, 2011.
13. Kensek, Karen M. Building Information Modeling: Strategic BIM. Routledge, 2014.

**Principles of Optimizing Geometric Transformation of Objects Using Modification
Tools Natela Javakhishvili, Tea Baramashvili, Ketevan Chkuaseli,
Akaki Kakauridze**

Abstract:

This paper provides a detailed analysis of fundamental tools for modifying and editing graphical objects, such as Align, Offset, and Mirror. The article examines the operational principles of each tool and their impact on the geometric precision of a project. Special attention is given to the use of the Align function in parallel object placement and the accurate definition of binding points (axis or surface) in the options bar. The study describes in depth the advantages of the Multiple Alignment mode when working with multi-component systems, as well as the role of the lock function in maintaining dynamic constraints between objects. Furthermore, the article addresses the graphical and numerical methods of the Offset tool, highlighting the efficiency of the Tab key for rapid perimeter copying. Within the context of the Mirror function, the specifics of Pick Axis and Draw Axis modes are discussed, allowing users to optimally manage the symmetrical transformation of objects. This work serves as a practical guide to assist specialists in automating workflows and increasing the efficiency of graphical modeling. The recommendations and visual diagrams provided simplify the execution of complex geometric operations.

Keywords:

Modification tools, Align, Offset, Mirror, Options bar.

**Принципы оптимизации геометрической трансформации объектов с
использованием инструментов модификации
Натела Джавахишвили, Tea Бaramашвили, Кетеван Чкуасели,
Акаки Какауридзе**

Резюме:

В данной работе подробно рассмотрены фундаментальные инструменты модификации и редактирования графических объектов, такие как Align (выравнивание), Offset (смещение) и Mirror (зеркальное отражение). В статье проанализирован принцип работы каждого инструмента и их влияние на геометрическую точность проекта. Особое внимание уделяется использованию функции Align при параллельном расположении объектов и правильному определению точек привязки (ось или поверхность) в строке параметров. В работе детально описаны преимущества режима Multiple Alignment при работе с многокомпонентными системами, а также роль функции «замка» в поддержании динамической связи между объектами. Кроме того, статья касается графических и числовых методов инструмента Offset, где подчеркивается эффективность использования клавиши Tab для быстрого копирования всего периметра. В контексте функции Mirror обсуждается специфика режимов Pick Axis и Draw Axis, что позволяет пользователю оптимально управлять симметричной трансформацией объектов. Работа представляет собой практическое руководство, которое поможет специалистам в автоматизации рабочего процесса и повышении эффективности графического моделирования. Приведенные рекомендации и визуальные чертежи упрощают процесс выполнения сложных геометрических операций.

Ключевые слова:

Инструменты модификации, выравнивание (Align), смещение (Offset), зеркальное отражение (Mirror), строка параметров.

ინტელექტუალური ავტომატიზაციის სისტემები და ინტეგრირებული ციფრული მოდელები თანამედროვე პოლიგრაფიულ მანქანათმშენებლობაში თეა ბარამაშვილი*

***ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: baramashvili.t@gtu.ge*

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

რეზიუმე:

წინამდებარე ნაშრომში დეტალურად არის გაანალიზებული პოლიგრაფიული წარმოების ევოლუცია და მისი ტრანსფორმაცია მაღალტექნოლოგიურ მანქანათმშენებლობის დარგად მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის - Industry 4.0 კონტექსტში. კვლევის ძირითად საკითხს წარმოადგენს ინტელექტუალური მართვის სისტემების ინტეგრაცია, რაც უზრუნველყოფს საწარმოო ხაზების სრულ ავტონომიურობას, თვითდიაგნოსტიკასა და ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციას. ნაშრომში სიღრმისეულადაა განხილული ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმების ეფექტურობა ფერების მართვისა და ხარისხის ავტომატიზებული კონტროლის სისტემებში. ნაჩვენებია, რომ სპექტროფოტომეტრული სენსორებისა და AI-ის სინერგია მინიმუმამდე ამცირებს ადამიანურ შეცდომებს და მნიშვნელოვნად ზოგავს მატერიალურ რესურსებს. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ნივთების ინტერნეტის ეკოსისტემის არქიტექტურას, რომელიც იძლევა ალჭურვილობის ვიზუალიზაციას და თერმული მონიტორინგის საშუალებას. ეს უკანასკნელი ქმნის საფუძველს პროგნოზული სერვისისთვის, რაც მანქანათმშენებლობის სექტორში გაუთვალისწინებელი გაჩერებების პრევენციის უალტერნატივო მექანიზმია. სტატიაში ასევე გაანალიზებულია პოლიგრაფიული დანადგარების ფუნქციური გაფართოება ადიტიურ წარმოებასთან (3D ბეჭდვა) და ნაბეჭდი ელექტრონიკის სექტორთან ინტეგრაციის გზით. კვლევის შედეგად ჩამოყალიბებულია „უნივერსალური ციფრული საწარმოს“ კონცეფცია, სადაც „ციფრული ანალოგის“ მოდელი უზრუნველყოფს საწარმოო აქტივების მაქსიმალურ სიცოცხლისუნარიანობასა და ეკონომიკურ მარჯვს. ნაშრომი სრულდება რეკომენდაციებით ტექნოლოგიური მოდერნიზაციისა და ადამიანური კაპიტალის განვითარების შესახებ.

საკვანძო სიტყვები:

ინტელექტუალური ავტომატიზაცია, Industry 4.0, პოლიგრაფიული მანქანათმშენებლობა, ნივთების ინტერნეტი, ხელოვნური ინტელექტი, პროგნოზული დიაგნოსტიკა, ციფრული ანალოგი.

შესავალი:

XXI საუკუნის დასაწყისიდან პოლიგრაფიული ინდუსტრია ფუნდამენტურ ტრანსფორმაციას განიცდის. იგი გასცდა ტრადიციული მექანიკური პროცესების ვიწრო ჩარჩოებს და ჩამოყალიბდა ინფორმაციული ტექნოლოგიების, ზუსტი მანქანათმშენებლობისა და ხელოვნური ინტელექტის სინთეზურ, მაღალტექნოლოგიურ სექტორად. მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის (Industry 4.0) ეპოქაში პოლიგრაფიული

მანქანა-დანადგარები აღარ განიხილება როგორც მხოლოდ ბეჭდვის ხელსაწყოები; ისინი წარმოადგენენ რთულ კიბერ-ფიზიკურ მოწყობილობებს, რომლებიც განიცდიან სრულ ციფრულ ტრანსფორმაციას საწარმოო ციკლის ყველა ეტაპზე.

დღევანდელი ინდუსტრიის უმთავრესი გამოწვევაა ე.წ. „წარმოების ინტელექტი“ (Manufacturing Intelligence). ეს კონცეფცია გულისხმობს მანქანების უნარს, რეალურ დროში დაამუშაონ დიდი მოცულობის მონაცემები (Big Data), მიიღონ დამოუკიდებელი გადაწყვეტილებები ოპერაციული შეფერხებებისას, ჩაატარონ ღრმა თვითდიაგნოსტიკა და მოახდინონ რესურსების ოპტიმიზაცია ადამიანის მინიმალური ჩარევით. მანქანათმშენებლობის თანამედროვე სტანდარტები მოითხოვს ისეთი ინტელექტუალური სისტემების დანერგვას, რომლებიც სრულად გამორიცხავენ „ადამიანურ ფაქტორთან“ დაკავშირებულ შეცდომებს, რაც განსაკუთრებით კრიტიკულია მაღალსიჩქარიანი ბეჭდვისა და მრავალკომპონენტური პოსტ-პრეს პროცესების დროს.

გარდა ამისა, თანამედროვე პოლიგრაფიული ეკოსისტემა მოითხოვს ერთიანი ქსელური გარემოს შექმნას, სადაც დიზაინი, წარმოება და ლოგისტიკა ინტეგრირებულია ერთიან მართვის ინტერფეისში. ეს მიდგომა საშუალებას იძლევა, რომ პოლიგრაფიული დანადგარი გახდეს „ჰკვიანი ქარხნის“ (Smart Factory) ორგანული ნაწილი, სადაც პროცესების სინქრონიზაცია უზრუნველყოფს მაქსიმალურ ეფექტურობას, ენერგოდაზოგვასა და ეკოლოგიურ მდგრადობას. წინამდებარე ნაშრომში განხილული ავტომატიზაციის მოდელები სწორედ ამ კომპლექსური ტექნოლოგიური ტრანსფორმაციის ანალიზს ემსახურება.

ძირითადი ნაწილი:

კვლევის ობიექტი და მეთოდები

წინამდებარე კვლევის ობიექტს წარმოადგენს პოლიგრაფიული საწარმოს მართვის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ინტეგრაციის მოდელები Industry 4.0-ის სტანდარტების შესაბამისად. ჰორიზონტალური ინტეგრაცია გულისხმობს საწარმოო ჯაჭვის ყველა რგოლის - მომწოდებლიდან საბოლოო მომხმარებელამდე - ერთიან ციფრულ პლატფორმაში გაერთიანებას, ხოლო ვერტიკალური ინტეგრაცია ფოკუსირებულია უშუალოდ საამქრო დონეზე (Shop floor) მანქანებისა და IT სისტემების (ERP/MIS) სინქრონიზაციაზე.

კვლევის პროცესში გამოყენებულია შედარებითი ანალიზის მეთოდი ტრადიციულ, მექანიკურ მართვაზე დაფუძნებულ და თანამედროვე, სრულად ავტომატიზებულ საწარმოო ხაზებს შორის. განსაკუთრებული აქცენტი გადატანილია კრიტიკულ საინჟინრო-ეკონომიკურ პარამეტრებზე:

1. აღჭურვილობის საერთო ეფექტურობა (OEE - Overall Equipment Effectiveness), რომელიც აფასებს მანქანის მწარმოებლურობას, ხარისხსა და ხელმისაწვდომობას;
2. მფლობელობის ჯამური ღირებულება (TCO - Total Cost of Ownership), რაც მოიცავს არა მხოლოდ დანადგარის შესყიდვის ფასს, არამედ მისი ექსპლუატაციის, ენერგომომხმარებისა და სერვისის ხარჯებს გრძელვადიან პერიოდში.

პოლიგრაფიული მანქანების მართვის ინტელექტუალური სისტემები

თანამედროვე პოლიგრაფიული პროცესი წარმოადგენს ულტრა-მაღალსიჩქარიან ტექნოლოგიურ ციკლს. რეალურ დროში მონაცემთა ნაკადების დამუშავება მოითხოვს მძლავრ გამოთვლით რესურსებს, რადგან წამში ხდება გიგაბაიტობით ინფორმაციის გენერირება სენსორული ქსელებიდან. ინტელექტუალური ავტომატიზაცია მოიცავს რამდენიმე კრიტიკულ საინჟინრო მიმართულებას:

1. სპექტროფოტომეტრული კონტროლი და დინამიკური კორექტირება თანამედროვე საბეჭდ მანქანებში ინტეგრირებული In-line სისტემები წარმოადგენს ოპტიკური კონტროლის მწვერვალს. მაღალი გარჩევადობის სენსორები ახდენენ თითოეული ანაბეჭდის სკანირებას მაქსიმალურ საწარმოო სიჩქარეზე (15000-18000 ანაბეჭდი საათში). ხელოვნური ინტელექტის (AI) ალგორითმები მყისიერად ადარებენ მიღებულ მონაცემებს ეტალონურ ISO 12647 სტანდარტს. გადახრის აღმოჩენის შემთხვევაში, სისტემა რეაგირებს მიკროწამებში, რაც გამორიცხავს ადამიანის სუბიექტურ აღქმას და უზრუნველყოფს ფერის სტაბილურობას მთელი ტირაჟის განმავლობაში;
2. სერვოამძრავების მართვა და ადაპტური რეგულირება მანქანათმშენებლობის თვალსაზრისით, უმნიშვნელოვანესი გარღვევაა გადასვლა ცენტრალიზებული ამძრავი ლილვებიდან დამოუკიდებელ სერვომოტორებზე. ნებისმიერი ტექნოლოგიური გადახრის დაფიქსირებისას (მაგალითად, საღებავის სიმკვრივის ცვლილება), ცენტრალური მართვის ბლოკი ავტომატურად გადასცემს კორექტირებულ სიგნალს შესაბამის სერვოამძრავებს. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა, რომ საწარმოო პროცესი დარეგულირდეს „ცხელ რეჟიმში“, რაც ტექნოლოგიურ დანაკარგებს (მაკულატურას) ამცირებს კატასტროფული 400-500 ფურცლიდან მინიმალურ 60-80 ერთეულამდე. ეს პირდაპირ აისახება საწარმოს ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ მარჯაზე;
3. გამოსახულების სტაბილიზაცია და ნეირონული ქსელები მაღალი სიჩქარით მუშაობისას მექანიკური ვიბრაცია და მასალის (ქაღალდის) ჰიგროსკოპული დეფორმაცია წარმოადგენს მთავარ დაბრკოლებას ხარისხისთვის. ნეირონული ქსელების გამოყენება გამოსახულების სტაბილიზაციისთვის იძლევა საშუალებას, მოხდეს ამ ცდომილებების პროგნოზირება და კომპენსირება. სისტემა „სწავლობს“ მანქანის ქცევას სხვადასხვა დატვირთვის პირობებში და ახდენს ცილინდრების პოზიციონირების კორექტირებას მიკრონულ დონეზე, რაც უზრუნველყოფს ბეჭდვის იდეალურ სიზუსტეს;
4. რობოტიზებული ლოგისტიკა და პოსტ-პრეს ოპერაციები ავტომატიზაცია არ სრულდება მხოლოდ ბეჭდვის პროცესით. ინტელექტუალური სისტემები მართავენ რობოტიზებულ მკლავებსა და ავტონომიურ სატრანსპორტო საშუალებებს (AGV), რომლებიც უზრუნველყოფენ მასალების უწყვეტ მიწოდებასა და მზა პროდუქციის გადაადგილებას. ეს ქმნის ერთიან, შეუფერხებელ ნაკადს, სადაც „Push-to-Stop“ ტექნოლოგიის მეშვეობით მანქანა გადადის ერთი შეკვეთიდან მეორეზე ოპერატორის ჩარევის გარეშე.

ცხრილი 1. ინტელექტუალური მართვის ციკლის ანალიზი

ეტაპი	მოქმედება / პროცესი	სამუშაო ნაკადის მონაცემები
მოსამზადებელი	AI ფაილის შემოწმება და კორექტირება	RGB-დან CMYK კონვერტაცია
მანქანური რეგულირება	JDF ფაილის ავტომატური ჩატვირთვა	საღებავის მიწოდების წინასწარი დაყენება
In-line გაზომვა	სპექტრული სენსორების მონიტორინგი	რეალურ დროში L a b* და ΔE მონაცემები
თვითრეგულირება	AI ანალიზი და უკუკავშირი	სერვომოტორების ავტომატური მართვა

ნივთების ინტერნეტი (IoT) და პროგნოზული დიაგნოსტიკა

მანქანათმშენებლობის თვალსაზრისით, უმნიშვნელოვანესია დანადგარების მდგრადობა. IoT სენსორები, რომლებიც განთავსებულია ყველა ლილვსა და ძრავზე, აგროვებენ მონაცემებს ვიბრაციისა და ტემპერატურის შესახებ. AI ანალიზებს ამ მონაცემებს და შეუძლია გამოავლინოს საკისრის დაზიანება მის რეალურ მწყობრიდან გამოსვლამდე რამდენიმე კვირით ადრე. ეს მიდგომა ქმნის დანადგარის „ციფრულ ანალოგს“ (Digital Twin), რაც 90%-ით ამცირებს გაუთვალისწინებელ პრობლემებს.

დასკვნა:

ნაშრომში ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ინტელექტუალური ავტომატიზაციაზე გადასვლა აღარ არის მხოლოდ სტრატეგიული უპირატესობა, არამედ გადარჩენის აუცილებლობა Industry 4.0-ის ეპოქაში. საინჟინრო ეფექტურობა - „Push-to-Stop“ ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა გაორმაგდეს საწარმოო მოცულობები; ეკონომიკური ასპექტი - მიუხედავად იმისა, რომ საწყისი ინვესტიცია 40-60%-ით მაღალია, დანაკარგების 70%-იანი შემცირება უზრუნველყოფს გრძელვადიან მომგებიანობას; ეკოლოგიური მდგრადობა - ავტომატიზაცია 40%-ით ამცირებს ქიმიურ ნარჩენებს და ენერჯის მოხმარებას.

აქედან გამომდინარე, პოლიგრაფიული საწარმოები ტრანსფორმირდებიან „უნივერსალურ ციფრულ საწარმოებად“, სადაც მანქანათმშენებლობის სიზუსტე და ინფორმაციული ტექნოლოგიები ქმნიან ერთიან, მაღალეფექტურ სისტემას.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. Kipphan, H. (2001). Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
2. Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
3. Smyth, S. (2019). The Future of Global Printing to 2024. Smithers Pira Publishing.
4. Teschner, H. (2020). Digital Printing Processes and Automation. Polygraph Press.
5. Loffredo, M., & Genco, A. (2021). Smart Manufacturing and Artificial Intelligence in Industry 4.0. MDPI Books.

6. Birkenshaw, J. (2018). The Impact of Digitalization on the Printing Industry. Pira International Ltd.
7. Heidelberg AG. (2023). Push-to-Stop Technology and Autonomous Printing: Whitepaper. Heidelberg Media.
8. ISO 12647-2:2013. Graphic technology - Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints.
9. Cui, M., & Lin, R. (2022). Application of AI Algorithms in Color Management Systems. Journal of Graphic Engineering and Design.
10. Kumar, R., & Zindani, D. (2021). Additive Manufacturing: Developments in Training and Education. Springer.
11. Gartner, Inc. (2023). Top Strategic Technology Trends for 2024: Hyperautomation. Gartner Research.
12. Umar, A. (2020). Industrial Internet of Things (IIoT): Applications and Prospects. Wiley.
13. Fenton, H. (2019). The Print Production Workflow: From Prepress to Finished Product. Pearson Education.
14. Rossi, M., & Terzi, S. (2021). Green Printing: Environmental Sustainability in the Graphic Industry. Sustainability Journal.
15. Hagen, H. (2022). Smart Packaging: The Intersection of Printing and IoT. Packaging World.
16. Beswick, G. (2020). Automation in Post-press and Finishing Operations. British Printing Industries Federation (BPIF).
17. Zhang, Y., & Wang, J. (2023). Predictive Maintenance of Industrial Machinery using Deep Learning. International Journal of Production Research.
18. O'Brien, J., & Marakas, G. (2019). Management Information Systems. McGraw-Hill Education.

Intelligent Automation Systems and Integrated Digital Models in Modern Printing Machinery and Production

Tea Baramashvili

Abstract:

This paper provides a detailed analysis of the evolution of printing production and its transformation into a high-tech machinery sector within the context of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0). The central focus of the research is the integration of intelligent control systems, which ensures full autonomy of production lines, self-diagnostics, and optimization of technological processes. The paper examines in depth the effectiveness of Artificial Intelligence (AI) algorithms in automated color management and quality control systems. It is demonstrated that the synergy between spectrophotometric sensors and AI minimizes human error and significantly saves material resources. Particular attention is given to the architecture of the Internet of Things (IoT) ecosystem, which enables vibration and thermal monitoring of equipment. The latter creates the foundation for predictive maintenance, an essential mechanism for preventing unscheduled downtime in the machinery sector. The article also analyzes the functional expansion of printing equipment through integration with additive manufacturing (3D printing) and the printed electronics sector. The research establishes the concept of a "Universal Digital Enterprise," where the "Digital Twin" model ensures maximum viability of production assets and economic margins. The paper concludes with recommendations for technological modernization and human capital development.

Keywords:

Intelligent Automation, Industry 4.0, Printing Machinery, Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Predictive Diagnostics, Digital Twin.

**Системы интеллектуальной автоматизации и интегрированные цифровые модели
в современном полиграфическом машиностроении**
Tea Baramashvili

Аннотация:

В данной работе представлен детальный анализ эволюции полиграфического производства и его трансформации в высокотехнологичную отрасль машиностроения в контексте Четвертой промышленной революции (Industry 4.0). Центральным вопросом исследования является интеграция интеллектуальных систем управления, что обеспечивает полную автономность производственных линий, самодиагностику и оптимизацию технологических процессов. В работе углубленно рассмотрена эффективность алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) в системах автоматизированного управления цветом и контроля качества. Показано, что синергия спектрофотометрических датчиков и ИИ сводит к минимуму человеческий фактор и значительно экономит материальные ресурсы. Особое внимание уделено архитектуре экосистемы Интернета вещей (IoT), которая позволяет осуществлять вибрационный и термический мониторинг оборудования. Последнее создает основу для прогнозного обслуживания (Predictive Maintenance), что является безальтернативным механизмом предотвращения непредвиденных простоев в секторе машиностроения. В статье также анализируется функциональное расширение полиграфического оборудования путем интеграции с аддитивным производством (3D-печать) и сектором печатной электроники. В результате исследования сформирована концепция «Универсального цифрового предприятия», где модель «Цифрового двойника» обеспечивает максимальную жизнеспособность производственных активов и экономическую маржу. Работа завершается рекомендациями по технологической модернизации и развитию человеческого капитала.

Ключевые слова:

Интеллектуальная автоматизация, Industry 4.0, полиграфическое машиностроение, Интернет вещей (IoT), Искусственный интеллект, Прогнозная диагностика, Цифровой двойник.

მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების განვითარების ტენდენციები

ვაჟა ზეიკიძე*, თინათინ ნიაური**, ბელა დედანაშვილი***

*ასოცირებული პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: v.zeikidze@gtu.ge;

**მოწვეული ასისტენტი პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: t.niauri@gtu.ge;

***ასისტენტი, სტუ, ელ. ფოსტა: B.dedanashvili@gtu.ge

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

საქართველო)

რეზიუმე:

სტატიაში გაანალიზებულია მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების ტენდენციები, მოცემულია სატრანსპორტო სისტემის ადგილი და როლი მსოფლიო მშპ-ის ფორმირებაში. მსოფლიო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად შემცირდეს საქონლის, მომსახურებისა და სამუშაოს გადაადგილებათან დაკავშირებული ღირებულება.

მსოფლიო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფორმირების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ინვესტირების უკუგებას ხანგრძლივი პერიოდი გააჩნია, ამიტომ ამ პროცესში აქტიურად უნდა იქნეს ჩართული სახელმწიფო. წარმოდგენილ სტატიაში ასევე განხილულია მსოფლიო სატრანსპორტო სისტემებში შემავალი ცალკეული ტრანსპორტის სახეები, რომელთაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ სატრანსპორტო სისტემის განვითარების მთლიანობაში.

მსოფლიოში სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა განვითარებულია ისეთ ქვეყნებში როგორცაა ევროკავშირი, აშშ-ი, იაპონია. ევროკავშირის ქვეყნებში სატრანსპორტო ტვირთბრუნვაში ლიდერობს საავტომობილო ტრანსპორტი. შემდეგ მოდის სარკინიგზო ტრანსპორტი -25%, ხოლო დანარჩენი წილით წარმოდგენილია საზღვაო და შიდა სამდინარო გადაზიდვები. რაც შეეხება საერთაშორისო საზღვაო ტვირთბრუნვის გადაზიდვას ძირითადად „საზღვაო“ ქვეყნები საბერძნეთი, დიდი ბრიტანეთი, ფინეთი, ნორვეგია და იაპონია ახორციელებს. რაც შეეხება საჰაერო ტრანსპორტსა და ტვირთბრუნვის ინტენსივობას ექსპერტები ტრადიციულად სამ რეგიონს გამოყოფენ: დასავლეთ ევროპას, შორეულ აღმოსავლეთს და აშშ-ს. მათზე მოდის მსოფლიო საჰაერო ტვირთბრუნვის 2/3-დი.

საკვანძო სიტყვები:

სატრანსპორტო მომსახურება, მსოფლიო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, სარკინიგზო ტრანსპორტი, საზღვაო ტრანსპორტი.

შესავალი

სატრანსპორტო მომსახურება წარმოადგენს ქვეყნის შიდა და საერთაშორისო ბაზრების ფორმირების საფუძველს, რადგან წარმოუდგენელია ნებისმიერი საგარეო სავაჭრო ოპერაციის განხორციელება ტრანსპორტის ჩართულობის გარეშე. მსოფლიო ბანკის ბოლო პერიოდის მონაცემებით საერთაშორისო სატრანსპორტო ბაზარის მოცულობა

შეფასებულია 2,9 ტრილიონ აშშ. დოლარად, დაახლოებით მსოფლიო მშპ-ის 8,2 პროცენტად.

სატრანსპორტო მომსახურება ერთმანეთთან აკავშირებს დროსა და სივრცეს, რომელიც ერთმანეთისაგან ყოფს მწარმოებლებს, მყიდველებსა და გამყიდველებს. ტრანსპორტი მთლიანობაში გვევლინება, რა წარმოების პროცესის ნაწილად, უზრუნველყოფს წარმოების რესურსების ეფექტურ გამოყენებას, მაგრამ იგი მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, თუ სატრანსპორტო მომსახურების ფასები, საქონლისა და მომსახურების გადაადგილებას მომგებიანს გახდის. შრომის საზოგადოებრივი დანაწილების პროცესი სახეზე გვაქვს, მხოლოდ მაშინ, როდესაც ის საშუალებას იძლევა შემცირდეს საქონლის, მომსახურებისა და სამუშაო ძალის გადაადგილების ღირებულება. ტვირთის გადაზიდვის ტარიფები და სხვადასხვა საქონელზე ფარდობითი ფასები წარმოადგენს რესურსების გამოყენების მნიშვნელოვან პირობას. გამომდინარე აქედან ქვეყნის ეკონომიკური ზრდის უზრუნველსაყოფად სატრანსპორტო მომსახურების როლი უდავოა.

მსოფლიო გამოცდილება თვალნათლივ გვიჩვენებს, რომ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში ინვესტიციების უკუგებას ხანგრძლივი პერიოდი აქვს. გამომდინარე აღნიშნულიდან კაპიტალური ინვესტიციები სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურასა და სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობაში მსოფლიოს უმეტეს განვითარებულ ქვეყნებში სახელმწიფოს პრიორიტეტებს განეკუთვნება. ტრანსპორტის სექტორის ხვედრითი წილი მშპ-ში მსოფლიოს ქვეყნების უმეტესობაში მერყეობს 5-9% ფარგლებში, ხოლო დასაქმებაში ტრანსპორტის ხვედრით წილად მოდის 4-8%- ტი. ეს მაჩვენებელი შედარებით მაღალია აზიის, ლათინური ამერიკის და აფრიკის ქვეყნებში.

სატრანსპორტო მომსახურების როლი მსოფლიო საგარეო ვაჭრობის განხორციელებაში განსხვავებულია. მისი ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელია ტვირთის გადაზიდვის ტარიფების ფარდობა ექსპორტირებულ და იმპორტირებულ ტვირთის ღირებულებასთან. განვითარებულ ქვეყნებში ეს მაჩვენებელი შეადგენს იმპორტის ღირებულების 5%, განვითარებად ქვეყნებში კი 10 პროცენტამდე აღწევს. წარმოდგენილ სტატიაში ჩვენს მიერ განხილული და გაანალიზებულია თანამედროვე მსოფლიოში სატრანსპორტო მომსახურების და მათი ცალკეული სახეობების განვითარების ტენდენციების თავისებურებანი.

ძირითადი ტექსტი

მსოფლიოში აღიარებული კლასიფიკაციის მიხედვით სატრანსპორტო მომსახურების ბაზრის ძირითად შემადგენელ სეგმენტებს განეკუთვნება: სატვირთო გადაზიდვები, სამგზავრო გადაყვანები, ლოგისტიკური, მენეჯერული და სადისტრიბუციო მომსახურებები. სატრანსპორტო მომსახურების თანამედროვე მსოფლიო ბაზარი დაჩქარებული ტემპით ვითარდება მსოფლიო წარმოების და საქონელბრუნვის ზრდის შესაბამისად. კერძოდ მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების განვითარებას დაჩქარებული იმპულსი მისცა ევროკავშირის გაფართოვებამ, აზიის ქვეყნების სავაჭრო პოტენციალის ჩართვამ, ევროპასა და აზიას შორის სატრანსპორტო დერეფნის ამოქმედებამ. ამ ბაზრის მთავარ მონაწილეებად გვევლინებიან:

- სატრანსპორტო მომსახურების მომხმარებლები-ტვირთების მფლობელები, გამგზავნები და მიმღებები;

- ტვირთების გადამზიდავები, რომლებიც უშუალოდ არიან ჩართულნი საქონლის მიწოდების ლოგისტიკურ ჯაჭვში
- სატვირთო გადამზიდავები, რკინიგზა, საზღვაო და სამდინარო გადამზიდავი კომპანიები, ავიაკომპანიებისავეტომობილო ტრანსპორტის კომპანიები.

სატრანსპორტო სისტემა ინფრასტრუქტურა განსაკუთრებით განვითარებულია აშშ-ში, იაპონიაში, ევროკავშირში და მათზე მოდის მსოფლიო ტვირთბრუნვის 85%-ტი. დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში ტვირთების გადაზიდვაში ლიდერობს საავტომობილო ტრანსპორტი - 40%, შემდეგ მოდის სარკინიგზო ტრანსპორტი -25%, ხოლო დანარჩენი წილით წარმოდგენილია საზღვაო და შიდა სამდინარო გადაზიდვები. საერთაშორისო საზღვაო ტვირთების გადაზიდვას ძირითადად „საზღვაო“ ქვეყნები საბერძნეთი, დიდი ბრიტანეთი, ფინეთი, ნორვეგია და იაპონია ახორციელებს. რაც შეეხება საჰაერო ტრანსპორტსა და ტვირთბრუნვის ინტენსივობას ექსპერტები ტრადიციულად სამ რეგიონს გამოყოფენ: დასავლეთ ევროპას, შორეულ აღმოსავლეთს და აშშ-ს. მათზე მოდის მსოფლიო საჰაერო ტვირთბრუნვის 2/3-დი. ასევე ექსპერტები ერთ-ერთ დიდ რეგიონად მიიჩნევენ აზიას, რომელშიც წარმოდგენილია: ჩინეთი,სინგაპური და იაპონია.

მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურებაში დიდი პოპულარობით სარგებლობს სარკინიგზო გადაზიდვები. მსოფლიოში რკინიგზის საერთო სიგრძე 1,2 მილიონი კილომეტრია. აქედან 240 ათასი კმ. მოდის აშშ-ის ტერიტორიაზე, 90 ათასი კმ-რი. კანადის ტერიტორიაზე, რუსეთისთვის ეს მაჩვენებელი 86 ათასი კმ-ია. სარკინიგზო გადაზიდვებში ლიდერობს სამშენებლო მასალები, ქვანახშირი და ნავთობი.

ყველაზე შედარებით იაფი სატრანსპორტო გადაზიდვების სახეს წარმოადგენს საზღვაო გადაზიდვები. მსოფლიო სავაჭრო ფლოტის ლიდერები არიან იაპონია, საბერძნეთი, კვიპროსი, ჩინეთი და აშშ-ბი. საზღვაო სავაჭრო გადაზიდვებში აქტიურად გამოიყენება ლიბერიის, პანამის, სინგაპურის კუთვნილი ე.წ. იაფი დროშის ქვეშ მცურავი გემები. ამ ქვეყნებში საზღვაო გადაზიდვების ტარიფები სამჯერ უფრო დაბალია ვიდრე ევროპულ გემებზე, დაწესებული საგადასახადო შეღავათების გამო. ყველაზე ხშირად საერთაშორისო საზღვაო სავაჭრო მარშრუტებით გადააქვთ ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, რკინის მადანი და მარცვლეული.

მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების ერთ-ერთ სახეს განეკუთვნება საავიაციო გადაზიდვები. სატრანსპორტო მომსახურების ეს სახე განვითარებულია იმ ქვეყნებში, რომლებსაც გააჩნიათ ფართო საავიაციო ქსელი ამ კუთხით აღსანიშნავია აშშ-ი, კანადა, საფრანგეთი, გერმანია და ავსტრალია. ტვირთბრუნვის სქემა აერთიანებს მსოფლიოს ათასზე მეტ აეროპორტს. მიუხედავად ამისა საჰაერო ტვირთბრუნვის წილი ძალიან დაბალია და მასზე მოდის მსოფლიო ტვირთბრუნვის 3 პროცენტი, რაც გამოწვეულია გადაზიდვების მაღალი ღირებულებით და ამ სფეროში მოქმედი დიდი შეზღუდვებით. საავიაციო ტრანსპორტი ძირითადად გამოიყენება მალფუჭადი უნიკალური საქონლის გადასატანად. მისი უდავო უპირატესობაა სიჩქარე. ავიაცია შორს მანძილზე ტვირთის სწრაფად გადატანის ერთადერთი საშუალებაა.

თანამედროვე მსოფლიოში სახეზე გვაქვს საერთაშორისო გადაზიდვებში საავტომობილო ტრანსპორტის მომსახურების როლის ზრდა. არნიშნული გარემოება მრავალი მიზეზით არის განპირობებული, რომელთაგან აღსანიშნავია წარმოების ფრაგმენტაცია, მოთხოვნის დივერსიფიკაცია, პროდუქციის ასორტიმენტის ზრდა, პროდუქციის „კარიდან კარამდე“

მიწოდების შეუძლებლობა ზრდის ავტოტრანსპორტის როლს სატვირთო გადაზიდვების მომსახურებაში.

მსოფლიო საგზაო ქსელის სიგრძე 24 მილიონ კმ.-ს აღწევს. სავტომობილო გზების ერთი მესამედი ჩრდილოეთ ამერიკაშია, ხოლო ერთი მეოთხედი კი დასავლეთ ევროპაშია თავმოყრილი. ტრანსკონტინენტური მაგისტრალები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ საერთაშორისო გადაზიდვებში. მაგალითად აფრიკაში საჰარის უდაბნოზე გამავალი ავტო მაგისტრალი, აშშ-ის მთელ ტერიტორიაზე ატალნტიკის ოკეანედან წყნარ ოკეანემდე, ასევე ჩრდილოეთ ამერიკიდან სამხრეთ ამერიკასთან დამაკავშირებელი პანამერკული გზატკეცილი. საერთაშორისო ტვირთების ტრანსპორტირება საავტომობილო გზით ყველაზე მოქნილია და საშუალებას გვაძლევს მივიტანოთ ტვირთი ნებისმიერ წერტილში და საუკეთესოდ პარტნიორობს ტრანსპორტის სხვა სახეებთან.

ევროკავშირის ქვეყნები დიდ ყურადღებას უთმობენ ევროკავშირის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ფორმირებას. ევროკავშირის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაციაზე დიდი გავლენა იქონია გლობალურმა ეკონომიკურმა კრიზისმა, რომელიც პირველ რიგში აისახა ინვესტიციების დონის შემცირებაზე, რამაც ევროკავშირის ბევრ ქვეყანაში საავტომობილო გზების მდგომარეობა გააუარესა, რაც ავტომშენებლის მაღალ რისკთან არის დაკავშირებული. ევროკავშირის გააჩნია ყველა სახის ტრანსპორტისათვის ერთიანი სატრანსპორტო პოლიტიკა. ხოლო ასეანი-ს, მერკოსური-ს და ნაფტა-ს ქვეყნები შემოიფარგლებიან რეგიონული თანამშრომლობის დეკლარაციული განცხადებებით. ამასთან ევროკავშირის სატრანსპორტო პოლიტიკა წარმოადგენს ეტალონს თანასწორი სუბიექტებისათვის გრძელვადიანი ფართომასშტაბიანი თანამშრომლობისათვის. ევროკავშირის სატრანსპორტო მომსახურების ლიბერალიზაცია სათავეს იღებს 1986 წლიდან, როდესაც განხორციელდა სატრანსპორტო სექტორის ჩართვა ერთიან ევროპულ აქტში, რომელიც წარმოადგენდა ერთიანი შიდა ბაზრის დასრულების ფუნდამენტურ გეგმას.

ევროკავშირის სატრანსპორტო მომსახურების ბაზრის მასშტაბურობის მიუხედავად, ლიბერალიზაციის შესახებ ფუნდამენტური გადაწყვეტილებები მიღებული იქნა ტრანსპორტის ყველა სახეობისათვის მისი ფორმირების საწყის ეტაპზე. ძირითად ტრანსპორტის სახეების მიხედვით წარმოადგენს შემდეგი.

საავიაციო მომსახურების ერთიანი შიდა ბაზრის „მშენებლობის“ პროცესში ევროკავშირში ფრენების განმახორციელებელი ავიაკომპანიებისთვის ყველა კომერციული შეზღუდვა მარშრუტებზე, ფრენების რაოდენობასა და გადაფრენის საფასურის რეგულირებაზე გაუქმდა. ამრიგად ევროკავშირის ყველა ავიაკომპანიას აქვს შესაძლებლობა უზრუნველყოს თავისი მომსახურება ევროკავშირის ფარგლებში ნებისმიერ მარშრუტზე.

სარკინიგზო გადაზიდვების ბაზარზე დამკვიდრდა მომსახურების მიწოდების თავისუფლების, კონკურენციის, ბაზარზე თავისუფალი წვდომის პრინციპები. ხოლო პირველი სარკინიგზო პაკეტი ერთმანეთისგან გამოყოფდა ინფრასტრუქტურის მართვის და სატრანსპორტო მომსახურების გაწევის საქმიანობას. მეორე ეტაპზე მიღებული გადაწყვეტილება მკაფიო გამიჯვნას ახდენდა რკინიგზის კომპანიებსა და ინფრასტრუქტურის მართვის კომპანიების საქმიანობას შორის.

სავტომობილო ტრანსპორტთან დაკავშირებით გაუქმდა ტვირთების გადაზიდვების ეროვნული ნებართვები და კვოტები. ასევე გაუქმდა ქვეყნებს შორის შიდა საზღვრებზე ტვირთის შემოწმების სისტემა და შემოღებული იქნა სატვირთო მანქანების მაქსიმალური

წონის ერთიანი ლიმიტი. აღნიშნული ცვლილებები სატრანსპორტო კომპანიებს საშუალებას აძლევს განახორციელონ საერთაშორისო სატვირთო და სამგზავრო გადაზიდვები ევროკავშირის მამტაბით.

მსოფლიო სატრანსპორტო სისტემა მუდმივი განვითარების და განახლების პირობებში იმყოფება. თანამედროვე ეტაპზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საინფორმაციო და ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებას. ახალ ძირითად მიმართულებებს განეკუთვნება სატრანსპორტო საშუალებების გადაადგილების სიჩქარის გაზრდა, საგზაო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, სატრანსპორტო საშუალებების გამტარუნარიანობის და ტვირთამწვევობის გაზრდა, სატრანსპორტო გადაადგილების ახალი სახეობების შემუშავება და დანერგვა.

ევროკავშირი ლიდერია ტრანსპორტის ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხებში, იგი ასევე უსწრებს მსოფლიოს სხვა ქვეყნებს საგზაო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის კუთხით. ევროკავშირი მსოფლიოში ლიდერია უსაფრთხო გზებითა და ტრანსპორტით. ევროკავშირში აღიარებული ინოვაციური მეთოდები მთელ მსოფლიოში ინერგება. ევროკავშირის ქვეყნები აქტიურად იყენებენ სატრანსპორტო საშუალებების აეროდინამიურ თვისებებს ე.წ. „ეკოკომის“ სატრანსპორტო საშუალებებს. რომელიც სატრანსპორტო საშუალებებს საშუალებას აძლევს უფრო მეტი ტვირთი გადაზიდონ.

სატრანსპორტო მომსახურების სისტემაში აქტიურად მიმდინარეობს ახალი ლოგისტიკური კონცეფციების ტესტირება, მათ შორის ელექტრონული დოკუმენტაციის გამოყენების, როგორცაა ელექტრონული სატრანსპორტო ზედნადებები. სატრანსპორტო დერეფნებში ტვირთის უსაფრთხო მოძრაობის კონტროლის მიზნით მიმდინარეობს ინტელექტუალური სატრანსპორტო პროგრამების დანერგვა. თანამედროვე მსოფლიოში სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს რკინიგზის ტრანსპორტის განვითარება, რომელიც ეხება მაღალსიჩქარიან ხაზებს, რკინიგზის ელექტრიფიკაციას, მატარებლების მართვის მოწინავე სისტემების და ახალი ციფრული ტექნოლოგიების დანერგვას.

სამოქალაქო ავიაცია ევროკავშირის ეკონომიკის მნიშვნელოვანი სექტორია, მისი პირდაპირი წილი მშპ. -ში 100 მილიარდ ევროს აღემატება და ეს სექტორი 2 მილიონზე მეტ ადამიანს ასაქმებს. როგორც ევროპული რკინიგზის ისე საჰაერო მოძრაობის მართვა მნიშვნელოვანი თემაა სადაც ინდივიდიალური SESAR-ის (ერთიანი ევროპული ცის) მეშვეობით ინტეგრირდება ახალ უფრო ეფექტურ სისტემაში, რომელიც უზრუნველყოფს ჩამოსვლის დროს. ევროპის საჰაერო სივრცის სწრაფი ზრდის გამო, სწორედ ავიაციაში მოხდა ავტოპილოტისა და ციფრული საჰაერო კონტროლის სისტემების მასიური დანერგვა. მაგალითად ჰითროუს(ლონდონი) აეროპორტში ამ სისტემების გამოყენებამ გამტარუნარიანობა 60% -ით გაზარდა.

მსოფლიოში საზღვაო ტრანსპორტი ყველაზე ეკონომიური და ეკოლოგიურად სუფთა ფორმაა და მის გარეშე წარმოუდგენელია ნედლეულის, საკვებისა და სამრეწველო საქონლის ტრანსპორტირება (ექსპორტ/იმპორტი). გასული საუკუნის 70 -იანი წლებიდან მოყოლებული ევროკავშირის საზღვაო ვაჭრობის ზრდა წელიწადში 4%-ს შეადგენს. საზღვაო გადაზიდვების მოცულობის ზრდა ევროპის კონტიგენტზე მომდევნო 30 წლის გამავლობაში გათვალისწინებულია 150-250%-ის ფარგლებში.

ევროპული გემთმშენებლები ბრუნვის მოცულობის მიხედვით მსოფლიო ბაზრის ლიდერებად გვევლინებიან. კერძოდ ევროპა აწარმოებს მსოფლიო ყველა მაღალი კლასის საკრუიზო გემებს, აღჭურვილობის მომწოდებლების პროდუქციის დაახლოებით 50% ექსპორტირდება ევროპის ფარგლებს გარეთ. ამ დარგში გამოყენებული ნოუ-ჰაუს 90% -ზე

მეტი ევროპულია. ფლოტის მართვის თვალსწრისით მსოფლიო სავაჭრო ფლოტის დაახლოებით 40%-ს ევროპული კომპანიები აკონტროლებენ, ხოლო გემების დაახლოებით 25% ევროპული დროშის ქვეშ ცურავს. მსოფლიოს ხუთი უდიდესი პორტიდან სამი ევროპულია.

საზღვაო ტრანსპორტის გადაზიდვის ხარჯების, მომხმარებელი საწვავის შემცირების და მსოფლიო მაშტაბით გემების ოპტიმალური მწარმოებლობის მართვის სისტემები დაკავშირებულია ეფექტური ნავიგაციის სისტემების დანერგვასთან, რომელიც გულისხმობს საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებისა და ალგორითმების დანერგვას გადაზიდვებისა და პორტების ოპერაციების ოპტიმიზაციისათვის. არ არის გამორიცხული მომავალში ეკიპაჟების თანდათან შემცირება, რაც სრულად ავტონომიურ გემებამდე მიგვიყვანს. ეს საშუალებას მოგვცემს პირველ რიგში 2030 წლისათვის ოკეანეებში გამოყენებული იქნეს დისტანციურად მართვადი გემები, ხოლო 2035 წლიდან შესაძლებელია გადავიდეთ სრულიად ავტონომიურ გემებზე.

საზღვაო ინდუსტრიის ძირითადი მამოძრავებელი ფაქტორია VSAT საკომუნიკაციო სისტემების და 5G ინტერნეტის განვითარება, რაც უზრუნველყოფს გემებთან კავშირს და მონაცემთა გადაცემის მაღალ სიჩქარეს. თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენების პროცესში ეფექტურად ინერგება წყლის მონიტორინგის ახალი მეთოდები, როგორცაა წყლის დაბინძურების მონიტორინგი და გავლენის კვლევა, რომელიც ყველაზე ეფექტურად ხორციელდება წყალქვეშა აკუსტიკურ სენსორული ქსელების UWASN -ის გამოყენებით. UWASN -ის შემუშავებული აპლიკაციებით შესაძლებელია წყალქვეშა კლიმატის ჩაწერა, ზღვის ბიოლოგიის მონიტორინგი და სრატეგიული მეთვალყურეობის განხორციელება.

მთლიანობაში მსოფლიოში მომხმარებელთა მოთხოვნილებების ცვლილება და ციფრული ტექნოლოგიების გამოჩენა სატრანსპორტო სფეროს მწარმოებლებს აიძულებს გადახედონ თავიანთი პროდუქციის სტრატეგიებს და კონცეფციებს. სატრანსპორტო წარმოების პროდუქტები მსოფლიოში უპრეცედენტო ტემპით ვითარდება და მოიცავს დიდი მოცულობით ციფრულ კომპონენტს. სატრანსპორტო სფეროს კომპანიებმა უნდა განაახლონ საკუთარი პროდუქტის შემუშავების პროცესები ციფრული ტექნოლოგიებისათვის, რაც შესაძლებელს გახდის ინტელექტუალური პროდუქტების დაკავშირებას სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურასთან.

დასკვნა

თანამედროვე მსოფლიოში უკანასკნელ პერიოდში სატრანსპორტო მომსახურების სისტემები აქტიურად არიან ჩართული საგარეო ვაჭრობაში. სატრანსპორტო სისტემების განვითარებას ხელს უწყობს რეგიონებს შორის სატრანსპორტო დერეფნების განვითარება, რომელშიც ჩართულია საავტომობილო, სარკინიგზო და საზღვაო ტრანსპორტი.

მსოფლიო ტვირთზიდვის სისტემები განვითარებითი დინამიკით ხასიათდება და სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ინტრამოდალური ოპერაციები, განსაკუთრებით საზღვაო ნავსადგურებსა და ლოგისტიკურ ცენტრებს შორის. სხვადასხვა სახის ტრანსპორტს შორის ურთიერთობის განვითარება, რომელიც ტვირთების კონტეინერიზაციის ფართო შესაძლებლობებს ქმნის.

მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების სისტემების განვითარება უკანასკნელ პერიოდში უკავშირდება ხელოვნური ინტელექტის და ციფრული ტექნოლოგიების ფართოდ

გამოყენებას სატრანსპორტო ტვირთბიდვებში. სატრანსპორტო დერეფნების განვითარებისა და სატრანსპორტო ტვირთბიდვების შეფერხების მიზეზია გარემოსდაცვითი საკითხები, ამდენად სატრანსპორტო დერეფნების განვითარება ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით მჭიდრო კავშირში უნდა იყოს გარემოზე ზემოქმედების შეფასებასთან, რათა ტვირთბიდვამ გამოუსწორებელი შედეგები არ მიაყენოს ბუნებას.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. საქართველოს 2023-2030 წლების ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის ეროვნული სტრატეგია. თბ. 2022წ.;
2. აფხაზავა თ., კიკაბიძე კ. საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფნების ფორმირების პრინციპები. ჯ. ეკონომიკა, 2012, #11-12;
3. გითოლენდია ბ. საქართველოს სატრანსპორტო სექტორის ევროპულ სისტემებთან ურთიერთთავსებადობისა და ინტერმოდალურობის პრობლემის ანალიზი. „საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ. 2018 წ.;
4. ენერგოეფექტური სატრანსპორტო სისტემა [ISO Consulting Blog](#) Jul 27, 2021 წ.;
5. საქართველოში „ჭკვიანი სატრანსპორტო სისტემების“ დანერგვა საერთაშორისო სატრანსპორტო გადაზიდვებს გაამარტივებს;
6. ლარსენი, ჯოსეფ. 2017. საქართველო-ჩინეთის ურთიერთობები: „სარტყელისა და გზის“ გეოპოლიტიკა. საქართველოს პოლიტიკის ინსტიტუტი;
7. თოქმაზიშვილი მ. საქართველოზე გამავალი სატრანსპორტო დერეფნით ტვირთების გადაზიდვის ახალი გამოწვევები;
8. ტრანსპორტირების გეოპოლიტიკა. <https://civicidea.ge/wp-content/uploads/2024/07/Middle-Corridor.pdf>
9. Traceka:1993-2014, Transport corridor Europe-the Caucasus-Azia;
10. Giggged: the Gig Economy, the End of the Job and the Future of Work, by Sarah Kessler, Random House Business, 2018.

Trends in the Development of Global Transport Services

Vazha Zeikidze, Tinatin Niauri, Bela Dedanashvili

Abstract:

The article analyzes the trends in world transport services, gives the place and role of the transport system in the formation of world GDP. The development of world transport infrastructure allows to significantly reduce the cost associated with the movement of goods, services and work.

The experience of forming world transport infrastructure shows that the return on investment has a long period, therefore the state should be actively involved in this process. The presented article also discusses the individual types of transport included in world transport systems, which make a significant contribution to the development of the transport system as a whole.

The world transport infrastructure is developed in countries such as the European Union, the USA, and Japan. In the European Union countries, road transport leads in freight transport. Next comes railway transport -25%, and the rest is represented by sea and inland waterway transportation. As for international sea freight transportation, the main "maritime" countries are Greece, Great Britain, Finland,

Norway and Japan. As for air transport and cargo transportation intensity, experts traditionally distinguish three regions: Western Europe, the Far East and the USA. They account for 2/3 of the world's air cargo turnover.

Keywords:

Transport services, world transport infrastructure, rail transport, sea transport.

**Тенденции развития мировых транспортных услуг
Важа Зейкидзе, Тинатин Ниаური, Бела Деданашвили**

Резюме:

В статье проанализированы тенденции развития мировых транспортных услуг, определены место и роль транспортной системы в формировании мирового ВВП. Развитие мировой транспортной инфраструктуры позволяет значительно снизить затраты, связанные с перемещением товаров, услуг и работ.

Опыт формирования мировой транспортной инфраструктуры показывает, что инвестиции в данную сферу характеризуются длительным периодом окупаемости, в связи с чем в этот процесс должно быть активно вовлечено государство. В представленной статье также рассмотрены отдельные виды транспорта, входящие в мировые транспортные системы, которые вносят значительный вклад в общее развитие транспортной отрасли.

Мировая транспортная инфраструктура наиболее развита в таких регионах и странах, как Европейский Союз, США и Япония. В странах ЕС в грузоперевозках лидирует автомобильный транспорт. Далее следует железнодорожный транспорт с долей 25%, а оставшаяся часть распределена между морскими и внутренними речными перевозками. Что касается международных морских грузоперевозок, их в основном осуществляют «морские» державы: Греция, Великобритания, Финляндия, Норвегия и Япония. В области воздушного транспорта и интенсивности грузоперевозок эксперты традиционно выделяют три региона: Западную Европу, Дальний Восток и США. На их долю приходится 2/3 мирового воздушного грузооборота.

Ключевые слова:

транспортные услуги, мировая транспортная инфраструктура, железнодорожный транспорт, морской транспорт.

სამეცნიერო ნაშრომის რედაქციაში წარმოდგენის წესი

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

1. ნაშრომი უნდა შესრულდეს A4 ფორმატის ქაღალდის 1,15 ინტერვალით ნაბეჭდ გვერდზე ISO სტანდარტის მოთხოვნის მიხედვით:

ა) ნაშრომი უნდა მომზადდეს Microsoft Word-ში ცხრილებისა და ფორმულების რედაქტორების გამოყენებით; შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს Microsoft Excel-ის პროგრამა;

ბ) სამუშაო ქაღალდის მინდვრის ზომები: ზედა - 35 მმ, ქვედა - 25 მმ, მარცხენა - 25 მმ, მარჯვენა - 25 მმ;

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

დ) ნაშრომის დასახელება უნდა აიწყოს Sylfaen გარნიტურის შრიფტით 18B; ავტორის სახელი (სრულად) და გვარი - Sylfaen გარნიტურის შრიფტით 14B; ავტორის თანამდებობა/წოდება/ხარისხი, ელ. ფოსტის მისამართი უნდა მიეთითოს შრიფტით 10; დასახელება ორგანიზაციის, სადაც შესრულდა სამუშაო, უნდა მიეთითოს ფრჩხილებში - შრიფტით 12B; ნაშრომის რეზიუმე უნდა შესრულდეს კურსივი შრიფტით 11; საკვანძო სიტყვები - შრიფტით 11; ნაშრომის ტექსტი - 11; რუსულ ენაზე შესრულებული ნაშრომი - შრიფტით 12; ლიტერატურის ჩამონათვალის შემდეგ ერთვის რეზიუმე ინგლისურ და რუსულ ენებზე შემდეგი მითითებით: ნაშრომის დასახელება, ავტორის/ავტორების სახელი (სრულად) და გვარი. რეზიუმეს მოცულობა უნდა იყოს 5-15 სტრიქონი;

2. ნაშრომი წარმოდგენილი უნდა იყოს ან კომპაქტ დისკზე (CD-R) და ერთ ეგზემპლარად A4 ფორმატის ქაღალდზე (მკაფიოდ) დაბეჭდილი ან ატვირთეთ შემდეგ მისამართზე: journal.t.m@gtu.ge

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

4. ჟურნალში ქვეყნდება მხოლოდ რეცენზირებადი ნაშრომები;

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

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

7. ავტორი პასუხს აგებს ნაშრომის შინაარსსა და ხარისხზე.

procedure for submission of scientific papers in journal

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

1. The paper must be performed on A4 page format with interval 1,15 by requirements of ISO standard:

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

b) Margins: top – 35 mm, bottom – 25 mm, left – 25 mm, right – 25 mm.

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

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

2. The paper must be submitted on compact-disk (CD-R) and one copy (legible) printed on format A4 Or upload to the following address: journal.t.m@gtu.ge;

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

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

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

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

7. The author is wholly responsible for the contents and quality of the paper.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Порядок представления в редакцию научных работ

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

1. Работа должна быть выполнена на бумаге форматом А4 с интервалом 1,15 на печатном листе согласно требованиям стандарта ISO:

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

б) размеры поля рабочего листа: верхнее – 35 мм, нижнее – 25 мм, левое – 25 мм, правое – 25 мм.

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

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

2. Работа должна быть представлена на компакт-диске (CD-R) и в одном экземпляре (разборчиво) напечатанной на бумаге формата А4 Или загрузите по следующему адресу:

journal.t.m@gtu.ge;

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

4. В журнале публикуются только рецензируемые работы;

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

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

7. Автор несёт ответственность за содержание и качество работы.

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა №1 (65) 2026

TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №1 (65) 2026

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №1 (65) 2026

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

გამოდის პერიოდულობით წელიწადში სამჯერ

Published periodically for three times a year

Журнал выходит в год три раза

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

დიზაინერ-დამკაბადონებელი - თეა ბარამაშვილი

Designer-Typographer - Tea Baramashvili

Дизайнер-типограф - Теа Барамашвили

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2026წ. 17 აპრილი;
გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი
თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.
Signed for printing 17.04.2026; Editor size 60X84 1/8; printed
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.
Подписано к печати 17.04.2026г; Формат издания л. 60X84 1/8;
Физичесих печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.