

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

№2 (63) 2025

სასწავლო-მეთოდური და სამეცნიერო-კვლევითი
ჟურნალი

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



გამომცემლობა „ტრანსპორტი & მანქანათმშენებლობა“
თბილისი
2025

ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა
TRANSPORT AND MACHINEBUILDING
ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

სარედაქციო კოლეგია

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

EDITORIAL BOARD

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

ტექნიკური რედაქტორი: პროფ. თეა ბარამაშვილი

Technical editor: Prof. Tea Baramashvili

Технический редактор: Проф. Теа Барамашвили

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

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

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

ჟურნალი განთავსებულია ინტერნეტში შემდეგ მისამართებზე:

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

შინაარსი

I. ტრანსპორტი/Transport/Транспорт

1. Оптимальное регулирование скорости в тяговом электроприводе систем постоянного и переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями
Серго Кариპидис, Автандил Шарვაшидзе, Мириан Цოцхალაშვილი, Юза Схиртладзе, Гиორგი Цхомელიдзе 5
2. ქალაქ თბილისის საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის მუშაობის ოპტიმიზაცია
გამოყოფილი ზოლების გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდის საფუძველზე
ვალერი ჯაჯანიძე, დავით ფრიდონაშვილი, გოდერძი ტაბატაძე,
ომარი მამალაშვილი 11
3. სატრანსპორტო ნაკადის სიმჭიდროვის შემცირება საქალაქო ავტობუსების
ეფექტიანობის გაზრდით
ომარი მამალაშვილი 16

II. მექანიკის ინჟინერია/Mechanical Engineering/Механическая инженерия

4. Кинематика и динамика лестничного транспортера
Зураб Мchedlishvili 21
5. Kinematics of the articulated pentagon with two degrees of freedom
Zurab Mchedlishvili 27
6. Исследование динамики гипоциклического механизма при наличии в шарнире зубчатого колеса трения скольжения
Мchedlishvili Зураб, Тедиаშვილი Лия, Элердашвили Ирма 35

III. სამრეწველო ინჟინერია/Industrial Engineering/ Промышленная инженерия

7. კომპლექსური შენადნობების მიღება დაბალთიხამიწის შემცველი მანგანუმის
ნარჩენიდან და მაღალნაცრიანი ნახშირიდან
თამაზ ბუჩუკური, თამარ ცერცვაძე, თამარ წილოსანი, ნინო კენჭიაშვილი 41
8. Revit Architecture: ორსართულიანი შენობის მოდელირება - სართულისა და კიბის
დიზაინი
ნათელა ჯავახიშვილი, თეა ბარამაშვილი 47
9. არასრულად დატვირთული მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის განივი
დინამიკური მდგრადობის გამოკვლევა
რამაზი ტყემალაძე, თინათინ გოგიშვილი, ირაკლი გრძელიშვილი 54

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

10. საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტის მენეჯმენტის ეფექტიანობის ამაღლების
მიმართულებები
გოდერძი ტყემალაშვილი, გიორგი მელქაძე, თამარ კილაძე 64

11. საქართველოს საზღვაო პორტების შესაძლებლობათა ამაღლების მიმართულებები გოდერძი ტყეშელაშვილი, გიორგი მელქაძე, მანანა ლალიაშვილი, ეკა გაზაშვილი	70
12. მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების განვითარების ტენდენციები ვაჟა ზეიკიძე, გიორგი მაისურაძე, თამარ რუხაძე, თამარ ქამხაძე, გიორგი ხვედელიძე	76
13. დასაქმებულთა ფსიქოსოციოლოგიური რისკები და მათი შეფასება ნანა კიკნაძე, ნატო კიკნაძე	84
14. რისკების მართვა მეტალურგიულ საწარმოებში ნატო კიკნაძე, ნანა კიკნაძე	91
15. პერსონალის მართვის სპეციფიკა ქეთევან კიწმარიშვილი, ელენე კიწმარიშვილი	96
16. ავტორთა საყურადღებოდ	101

Оптимальное регулирование скорости в тяговом электроприводе систем постоянного и переменного тока с асинхронными тяговыми двигателями

Серго Карипидис*, Автандил Шарвашидзе**,
Мириан Цоцхалашвили***, Юза Схиртладзе****,
გიორგი Цхомელიдзе*****

**профессор, ГТУ, эл. почта: s.karipidisi-karibovi@gtu.ge;*

***профессор, ГТУ, эл. почта: a.sharvashidze@gtu.ge;*

****доктор инженерных наук, ГТУ, эл. почта: miriantsotskhalashvili05@gtu.ge;*

*****ассоциированный профессор, ГТУ, эл. почта: iuza.skhirtladze@mail.ru;*

******студент докторантуры, ГТУ, эл. почта: tskhomelidze.giorgi22@gtu.ge*

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

Резюме:

В работе произведен полный анализ работы коллекторных тяговых двигателей постоянного и пульсирующего тока с последовательным возбуждением на ЭПС (электроподвижной состав) постоянного и переменного тока. Указаны их основные недостатки: частых коротких замыканий при перегрузках, разносных боксовании при боксованиях, и т. д. Предложен вариант тягового электропривода с асинхронным двигателем, который по весу и габаритами (2-3) раза меньше, по надежности на порядок больше, лишенный указанных недостатков, которые присущи двигателям постоянного тока последовательного возбуждению. Предложена оптимальная форма переменного напряжения инвертора, обеспечивающая максимальное значение амплитуды первой гармоники.

Ключевые слова:

ток, напряжение, фаза, мощность, габариты, вес и т. д.

Введение

Следует отметить, что в тяговом электроприводе постоянного и переменного тока, до настоящего времени, применяются коллекторные двигатели постоянного и пульсирующего тока с последовательным возбуждением. Это было продиктовано их замечательным свойствам в любом количестве работать последовательно и параллельно, чего нельзя говорить о двигателе независимого возбуждения, с хорошими противобоксованными свойствами. Для их параллельной работы необходимо специальное выравнивающее устройство якорных токов параллельных ветвей. Примером является электровоз ВЛ12, в разработке которого активные участие принимал один из авторов этой статьи.

В начале электрической тяги о таком устройстве и речи не могло быть. В то время кроме реле, контакторов и сопротивления ничего не было. До появления полупроводниковых приборов таких как: диоды, тиристоры, транзисторы и т. п., на ЭПС постоянного тока 3000 В скорость регулировалась с помощью реле, контакторов и сопротивления, на электровозах переменного тока – с помощью игнитронов, и ртутных выпрямителей, эксплуатация которых показала их низкую надежность.

С появлением общеизвестных полупроводниковых приборов, таких как: транзисторы, диоды и обычные тиристоры, на постоянном токе появились ЭПС с импульсным регулированием скорости с использованием схем искусственной коммутации (электровозы не так много) электропоезда. Подобной системой регулирования скорости с 2000 г. по настоящее время работают электропоезда типа „ეს“ («ЭС» электропоезд Сакартвело), разработанный одним из авторов данной статьи. На электровозах переменного тока ВЛ60, ВЛ80^Т, ВЛ80^Р регулирование скорости осуществлялось с помощью обыкновенных диодов и тиристоров.

Основная часть

Длительный опыт эксплуатации упомянутых двигателей показал их невысокую надежность: большие эксплуатационные расходы (проточка коллектора, его чистка и т. п.), частые короткие замыкания на якоре при перегрузках, плохие противобоксовочные свойства (разносное боксование). От всего этого можно было бы избавиться, если вместе них применить асинхронный тяговый двигатель. Его надежность на порядок выше, (2-3) раза меньше вес и габариты. Из-за жестких характеристик, таких как у двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, хорошие противобоксовочные свойство (в этом случае не могут быть разносные боксования). При том же нажатии колесной пары на рельс, в случае асинхронной тяговой машины, на ось реализуется 1500 кВт против 900 кВт для коллекторных с последовательным возбуждением двигателей. Мечтой многих специалистов было это сделать. Этого не позволял уровень полупроводниковой техники. Вместе с тем, многие специалисты используя обыкновенные тиристоры с малыми временами выключения (около 100 мкс) используя схемы искусственной коммутации создавали опытные электровозы и электропоезда с асинхронными двигателями. Далее опытных образцов это дело не продвигалось, пока не создались принципиально новые мощные полевые транзисторы типа IGBT на 6500 В 600 А, 3300 В 1200 А, управляемые тиристоры GTO, IGCT на 6000 В, 5000 А и т. д. В настоящее время во многих передовых странах: Германия, Франция, Япония, Швейцария, Чехия успешно эксплуатируются электровозы и электропоезда с асинхронными тяговыми двигателями. Для нормальной работы асинхронного двигателя необходимо стабильное трехфазное напряжение синусоидальной формы. Регулирование скорости с асинхронными тяговыми двигателями происходит одновременным изменением напряжения и частоты.

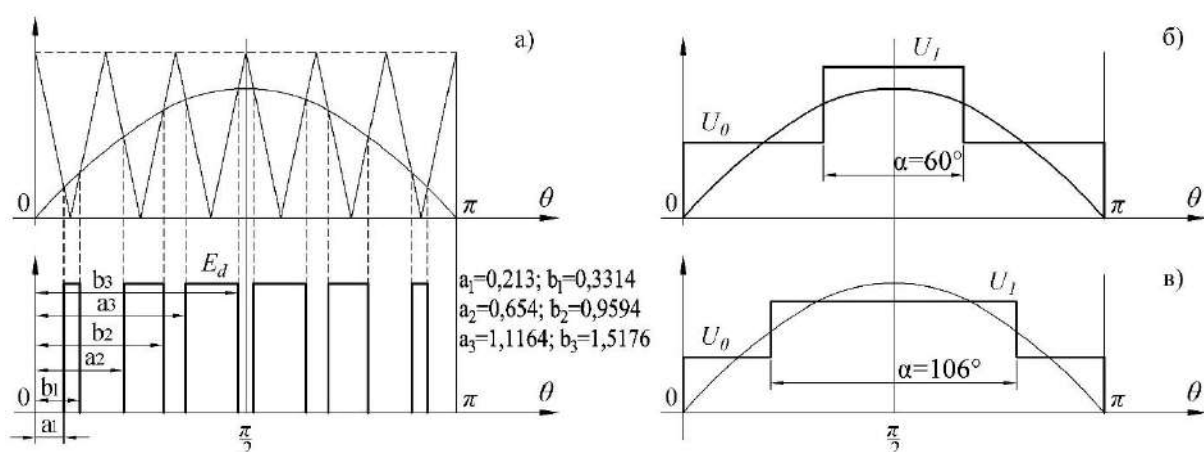


Рис. 1. Диаграммы напряжений одной фазы инвертора в течении половины периода при различных способах его формирования

К сожалению, напряжение инверторов от которых питаются асинхронные двигатели далеко несинусоидально. В настоящее время регулирование величины напряжению происходит

сложным путем – широтно-импульсной модуляции (ШИМ). На рис. 1,а показана эта диаграмма, состоящая из пакета импульсов разной ширины. В этом режиме в течении полупериода, транзисторы инвертора многократно включаются и выключаются. Принимая во внимание, что падение напряжения на транзисторах типа IGBT порядка (4-6) Вольт, КПД такого инвертора будет низким кроме того, система управления транзисторами будет сложнее. Наиболее распространенной формой напряжения для одной фазы где исключаются третья гармоника и её кратные приведена на рис. 1,б. Как видно из рисунка полупериод состоит из трех участков с длительностью 60° . Известны также другие формы 120° и 150° . В этом случае система управления будет простейшей, КПД инвертора будет высоким. Оптимальная форма показана на рис. 1, в.

Амплитуду первой гармоники такой формы напряжения можно значительно повысить, если эту кусочно-линейную форму оптимизировать (рис. 1, в). Оптимизация осуществляется по общеизвестному выражению [1]:

$$\int_0^n [U_m \sin \theta - U(\theta)]^2 \leq \varepsilon(U(\theta)). \quad (1)$$

где $U(\theta)$ – кривая, которую необходимо оптимизировать с синусоидой; $\varepsilon(U(\theta))$ - невязка. Более подробное выражение (1) можно написать следующим образом:

$$\varepsilon(U(\theta)) = U_m^2 \int_0^\pi \sin^2 \theta d\theta - 2U_m \int_0^\pi \sin \theta \cdot U(\theta) \cdot d\theta + \int_0^\pi U^2(\theta) \cdot d\theta \dots \quad (2)$$

Учитывая, что на интервалах:

$$0 < \theta < \frac{\pi - \alpha}{2}, \quad U(\theta) = \frac{U_1}{2}; \quad \frac{\pi - \alpha}{2} < \theta < \frac{\pi + \alpha}{2}, \quad U(\theta) = U_1; \\ \frac{\pi + \alpha}{2} < \theta < \pi, \quad U(\theta) = \frac{U_1}{2},$$

с учетом этих граничных условия, после интегрирования можно написать:

$$\varepsilon(U(\theta)) = \frac{U_m^2}{2} \pi - 2U_m U_1 \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right) + \frac{\pi}{4} U_1^2 + \frac{3}{4} \alpha U_1^2 \quad (3)$$

Для оптимизации необходимо взять производные от (3) и их приравнять к нулю, т. е:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha} &= -U_m U_1 \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{3}{4} U_1^2 = 0 \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial U_1} &= -2U_m \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right) + \frac{\pi}{2} U_1 + \frac{3}{2} \alpha U_1 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Решая выражения (4) совместно для α найдем уравнение:

$$\left(\frac{\pi}{2} + \frac{3}{2} \alpha\right) \cos \frac{\alpha}{2} - 1,5 \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \quad (5)$$

Решая уравнение (5) одним из известных приближенных методов найдем: $\alpha = 1,85$.

Оптимизированная двухступенчатая «кривая» одной фазы показана на рис. 1, в. Как это видно из рисунка, угол $\alpha = 106^\circ$ (1,85) вместо 60° .

Ниже для всех «кривых», приведенных на рис. 1, а, б и в определим гармонический состав.

Для амплитуды гармоник ШИМ-а можно написать:

$$b_{mk} = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi f(\theta) \cdot \sin k\theta d\theta = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta) \cdot \sin k\theta d\theta, \quad (6)$$

где, $f(\theta)$ функция ШИМ-а;

k - порядок гармоник. 1, 3, 5, 7 ...

Выполнив в (6) интегрирование с учетом граничных условий можно написать:

$$b_{mk} = \frac{8U_1}{\pi k} \left[\sin k \frac{a_1 + b_1}{2} \cdot \sin k \frac{b_1 - a_1}{2} + \sin k \frac{a_2 + b_2}{2} \cdot \sin k \frac{b_2 - a_2}{2} + \right. \\ \left. + \sin k \frac{a_3 + b_3}{2} \cdot \sin k \frac{b_3 - a_3}{2} \right], \quad (7)$$

Подставляя численные значения $a_1, b_1, a_2, b_2, \dots$, в (7), приведенные на рис. 1, а, в общем случае можно получить расчетную формулу для определения амплитуд любых гармоник ШИМ-а:

$$b_{mk} = \frac{8U_1}{\pi k} [\sin k \cdot 0,2747 \cdot \sin k \cdot 0,0567 + \sin k \cdot 0,0867 \cdot \sin k \cdot 0,152 + \\ + \sin k \cdot 1,3 \cdot \sin k \cdot 0,2]. \quad (8)$$

На основании (8) разложение ШИМ-а на гармоники будет:

$$f(\theta) = 0,8089U_1 \left[\sin \theta + \frac{0,087}{3} \sin 3\theta + \frac{3,09}{5} \sin 5\theta + \frac{0,494}{7} \sin 7\theta + \right. \\ \left. + \frac{1,178}{9} \sin 9\theta + \frac{4,647}{11} \sin 11\theta + \dots \right]. \quad (9)$$

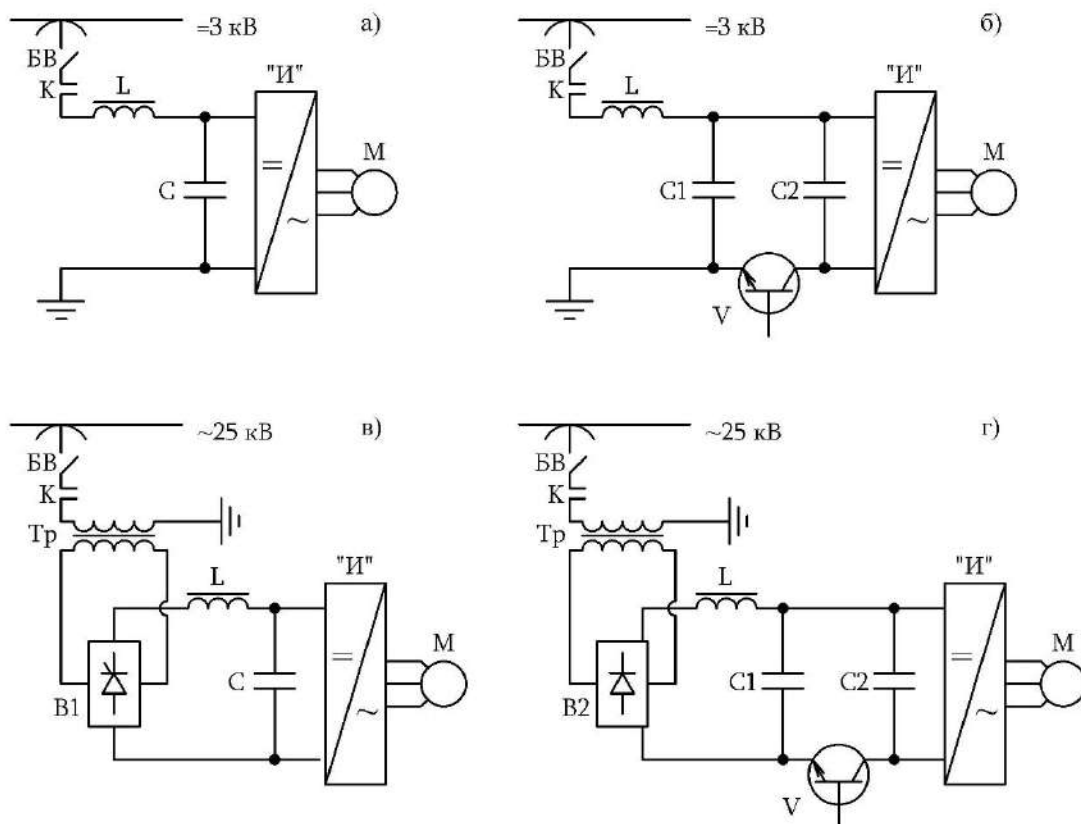


Рис. 2. Различные варианты схем питания асинхронного тягового двигателя через инвертор для систем постоянного 3000 В (а и б), и переменного 25000 В (в и г) токов

Из (9) видно, что амплитуда первой гармоники ШИМ-а равна $0,8089U_1$.

Для кривых рис. 1, б и в, в общем случае, амплитуды любых гармоник можно определить из:

$$b_{mk} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} U(\theta) \cdot \sin k\theta d\theta = \frac{2}{\pi} \left[\int_0^{\frac{\pi-\alpha}{2}} \frac{U_1}{2} \sin k\theta d\theta + \int_{\frac{\pi-\alpha}{2}}^{\frac{\pi+\alpha}{2}} U_1 \sin k\theta d\theta + \right. \\ \left. + \int_{\frac{\pi+\alpha}{2}}^{\pi} \frac{U_1}{2} \sin k\theta d\theta \right]$$

$$+ \int_{\frac{\pi+\alpha}{2}}^{\pi} \frac{U_1}{2} \sin k\theta d\theta \left] = \frac{2U_1}{k\pi} \left[1 + \sin k \frac{\pi}{2} \cdot \sin k \frac{\alpha}{2} \right]. \quad (10)$$

На основании выражения (10) могут быть определены амплитуды гармоник кривых рис. 1, б, в. Для кривой рис. 1, б, где $\alpha = 60^\circ (\pi/3)$ разложение на гармоники будет:

$$f(\theta) = 0,955U_1 \left[\sin \theta + \frac{1}{5} \sin 5\theta + \frac{1}{7} \sin 7\theta + \frac{1}{11} \sin 11\theta + \dots \right]. \quad (11)$$

На оснований того же выражения (10) разложение на гармоники оптимальной кривой (рис. 1, в) будет:

$$f(\theta) = 1,145U_1 \left[\sin \theta + \frac{0,35}{3} \sin 3\theta + \frac{1,11}{5} \sin 5\theta + \frac{0,47}{7} \sin 7\theta + \frac{1,05}{9} \sin 9\theta + \frac{0,93}{11} \sin 11\theta + \dots \right]. \quad (12)$$

Сравнивая между собой полученные расчетные выражения (10), (11) и (12), убеждаемся в том, что амплитуда первой гармоники оптимальной кривой в 1,2 раза больше амплитуды $\alpha = 60^\circ$ и 1,396 раза больше амплитуды ШИМ-а.

На рис. 2 приведены соответствующие схемы питания асинхронного тягового двигателя от инвертора в системах постоянного 3000 В и переменного 25000 В токов. На рис. 2, а напряжение асинхронного тягового двигателя регулируется с помощью ШИМ-а со сложной системой управления. На рис. 2, б приводится схема инвертора, где форма фазового напряжения оптимальная, величина напряжения двигателя регулируется одним транзистором V. На рис. 2 в и г приводятся схемы питания асинхронного двигателя через инвертор для системы переменного тока 25000 В посредством управляемого выпрямителя B1 и неуправляемого выпрямителя B2 через транзистора V.

Выводы:

1. Произведен полный анализ длительной работы коллекторных тяговых двигателей последовательного возбуждения на ЭПС постоянного и переменного тока, в результате анализа предложен тяговый электропривод с асинхронным двигателем, надежность которого на порядок больше, вес и габариты (2-3) раза меньше;
2. Предложена оптимальная форма переменного напряжения инвертора, обеспечивающая на 40% больше амплитуды первой гармоники несинусоидального напряжения по сравнению с «ШИМ»;
3. Предложены соответствующие аналитические выражения разложения на гармоники несинусоидальных разной формы напряжений инвертора.

Литература:

1. Карипидис С. И., «Статические преобразователи электроподвижного состава», Тбилиси 2015, Технический Университет, стр. 214;
2. Карипидис С. И., «Динамика нелинейных систем тягового электропривода постоянного тока», Тбилиси 2012, Технический Университет, стр. 314;

3. ს. კარიპიდისი, ჯ. სანიკიძე. ელექტრული წევის საფუძვლები, თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2014, 399 გვ;

**ასინქრონულძრავიანი წევის ელექტროამძრავის სიჩქარის ოპტიმალური
რეგულირება მუდმივი და ცვლადი დენის სისტემებში
სერგო კარიპიდისი, ავთანდილ შარვაშიძე, მირიან ცოცხალაშვილი,
იუზა სხირტლაძე, გიორგი ცხომელიძე
რეზიუმე**

ნაშრომში წარმოდგენილია მუდმივი და ცვლადი დენის ემშ-ზე (ელექტრომძრავ შემადგენლობაზე) მუდმივი და პულსირებული დენის მიმდევრობითი აგზნების კოლექტორიანი წევის ძრავების მუშაობის სრული ანალიზი. ნაჩვენებია მათი ძირითადი ნაკლოვანებები: ხშირი მოკლე შერთვა გადატვირთვის დროს, ასრიალების სიჩქარის ზრდა ბუქსაობისას და ა. შ. შემოთავაზებულია ამძრავის ვარიანტი ასინქრონული წევის ძრავას გამოყენებით, რომელიც მასა-გაბარიტებით 2-3 ჯერ ნაკლებია, საიმედოობით კი - მთელი რიგით მეტი. ამით მოხსნილია ის ნაკლოვანებები, რაც ახასიათებს მიმდევრობითი აგზნების მუდმივი დენის ძრავას. შემოთავაზებულია ინვერტორის ცვლადი ძაბვის ოპტიმალური ფორმა, რაც უზრუნველყოფს პირველი ჰარმონიკის ამპლიტუდის მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

**Optimal speed control in traction electric drive of DC and AC systems with
asynchronous traction motors**

**Karipidis Sergo, Sharvashidze Avtandil, Tsotskhalashvili Mirian,
Skhirtladze Yuza, Tskhomelidze Giorgi**

Abstract

The work presents a comprehensive analysis of the performance of commutator traction motors operating on direct and pulsating current with series excitation, used in electric rolling stock (ERS) powered by both DC and AC. The main drawbacks of such motors are identified: frequent short circuits under overload conditions and differential slipping during wheel slip events, etc. The proposed version of traction electric drive with an asynchronous motor, which is 2-3 times smaller in weight and dimensions and an order of magnitude more reliable. It is free from the technical shortcomings inherent to DC motors with series excitation. An optimal inverter AC voltage waveform is also proposed, which ensures the maximum amplitude of the first harmonic.

**ქალაქ თბილისის საზოგადოებრივი
ავტოტრანსპორტის მუშაობის ოპტიმიზაცია
გამოყოფილი ზოლების გამოყენების ეფექტიანობის
გაზრდის საფუძველზე
ვალერი ჯაჯანიძე*, დავით ფრიდონაშვილი**, გოდერძი ტაბატაძე***,
ომარი მამალაშვილი******

** ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ელ. ფოსტა: vl.jajanidze@gtu.ge;*

*** ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ელ. ფოსტა: d.fridonashvili@gtu.ge;*

**** აკადემიური დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ელ. ფოსტა: g.tabatadze@gmail.com;*

***** დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ელ. ფოსტა: mamalashviliomari@gmail.com*

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

რეზიუმე:

თანამედროვე ქალაქების მათ შორის თბილისის საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის მუშაობის ეფექტიანობა უშუალოდ დაკავშირებულია სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გამართულ ფუნქციონირებასთან. ქალაქის საავტომობილო გზებზე არსებული გაზრდილი სატრანსპორტო ნაკადების გამო დღე-ღამის უმეტეს პერიოდში ძირითად კვანძებსა და მაგისტრალებზე მუდმივად ფიქსირდება შემჭიდროვებული მოძრაობა, რაც თავის მხრივ სატრანსპორტო პროცესების შესრულების დროითი დანახარჯებით, გაზრდილი საწვავის მოხმარებით და შესაბამისი გამონახოლქვის შედეგად გაუარესებული ეკოლოგიური მდგომარეობით ხასიათდება. პრობლემის მოგვარების ერთ-ერთი მეთოდია სამარშრუტო ტრანსპორტისთვის სპეციალური ზოლის გამოყოფა, რაც შესაძლებელს გახდის თავიდან იქნას არიდებული შეფერხებები საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის გადაადგილებაში, ხოლო თბილისის მუნიციპალური ავტოტრანსპორტის თავისებურებებიდან გამომდინარე გამოყოფილი ზოლის ეფექტურად გამოყენება კიდევ უფრო ოპტიმალურს გახდის სისტემის ფუნქციონირებას.

საკვანძო სიტყვები:

საქალაქო ავტობუსი, სპეციალური ზოლი, ტრანსპორტირების დრო, მიკროავტობუსი.

შესავალი

ქალაქ თბილისის სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების პარამეტრები უშუალოდ დაკავშირებულია დღე-ღამის განმავლობაში ქალაქის მასშტაბით დაფიქსირებულ ავტოსატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობასთან, რაც დაახლოებით ნახევარ მილიონს უტოლდება. შედეგად ქალაქის სატრანსპორტო მაგისტრალებზე მუდმივად ფიქსირდება

მოდრაობის შეფერხება, რაც თავის მხრივ უარყოფითად აისახება მაცხოვრებელთა სოციო-ეკოლოგიურ გარემოზე, აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის ფუნქციონირებაზე, რაც მარშრუტზე მოლოდინის დროის გაზრდილი სიდიდით, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში შეუსრულებელი ბრუნით გამოვლინდება. ასეთ პირობებში უაღრესად მნიშვნელოვანია საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის მოძრაობისთვის სპეციალურად გამოყოფილი სამარშრუტო ზოლის არსებობა. ქალაქ თბილისის მასშტაბით ასეთი ზოლები უკვე მრავლადაა, მაგრამ ამავდროულად კვლავ რჩება კონკრეტული მონაკვეთები, რომლებიც საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტისთვის გამოყოფილი სპეციალური ზოლის გარკვეულ წყვეტას წარმოადგენენ, რაც საბოლოოდ აღნიშნული ზოლის გამოყენების ეფექტურობის მაჩვენებლებს აუარესებს, მაგრამ საბოლოო ჯამში შედეგი პოზიტიურია.

ძირითადი ნაწილი

სატრანსპორტო მოძილობის თვალსაზრისით თანამედროვე ქალაქების, მათ შორის თბილისის მთავარი პრობლემაა საავტომობილო სატრანსპორტო ნაკადების გადაადგილების გაძნელება, ან შემჭიდროვებული სატრანსპორტო ნაკადი, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ადამიანისა თუ ტვირთის გადაადგილების შეფერხებას, რასაც თან სდევს ეკონომიკური ზარალი. შემჭიდროვებული საგზაო მოძრაობის დროს, რამდენადაც გახშირებულია დაძვრა-გაჩერების პროცესი, ადგილი აქვს ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მიერ მოხმარებული საწვავის ხარჯის სიდიდის მატებას, ავტომობილის სამუხრუჭო ხუნდებისა და დისკოს ცვეთის ინტენსივობის მაჩვენებლის გაზრდას და ქალაქის ეკო სისტემის სხვადასხვა მომწამვლელი ნივთიერებით დაბინძურების მაჩვენებლების გაუარესებას. სატრანსპორტო ნაკადების გადაადგილების გაძნელება, უარყოფითად მოქმედებს ავტოსატრანსპორტო საშუალებების საექსპლუატაციო რესურსის სიდიდეზე, რამდენადაც გახშირებული დაძვრა-გაჩერების პროცესის შედეგად იზრდება ავტომობილის აგრეგატებისა და კვანძების ცვეთის ინტენსივობა.

საგზაო მოძრაობის ორგანიზებისა და მართვის კონტექსტში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია ავტომობილის გადაადგილებისათვის საჭირო გზა, მისი სავალი ნაწილი, რომელიც ხასიათდება გამტარუნარიანობის მაჩვენებლით. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ გზის სავალი ნაწილის გამტარუნარიანობის მაჩვენებელი სტატიკური სიდიდეა, რომლის ცვლილება მხოლოდ არსებული გზის რეკონსტრუქციით ან ახალი გზის მშენებლობით მიიღწევა. აღნიშნული მაჩვენებელი დიდწილად განსაზღვრავს სატრანსპორტო ნაკადების გადაადგილების დინამიკურ და დროით მაჩვენებლებს.

ქალაქის საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის განვითარების მხრივ უაღრესად მნიშვნელოვანია სახელმწიფო ზედამხედველი ორგანოების მხრიდან (ქ. თბილისში - მერია) შემზღუდავი და წამახალისებელი ღონისძიებების დაგეგმვა და განხორციელება, რაც თავის მხრივ გამოიხატება იმაში, რომ სახელმწიფო ზედამხედველი ორგანოს მიერ უნდა იქნას ჩამოყალიბებული ხედვა ინდივიდუალურ სარგებლობაში მქონე ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მფლობელთათვის მათი ავტომობილის გამოყენების მიმზიდველობის გაუარესებაზე, რაც გამოიხატება ავტოსადგომების რიცხოვნობის შემცირებით, ავტოსადგომზე დგომის გაზრდილი ღირებულებით, სავალ ნაწილზე არსებული მოძრაობის ზოლების რაოდენობის შემცირებით და ბოლოს ავტომობილის ყოველდღიური გამოყენების შეზღუდვით. შემზღუდავ ღონისძიებებთან ერთად დიდი მნიშვნელობა

ენიჭება ისეთი წამახალისებელი ღონისძიებების გატარებას, როგორიცაა, შეღავათიანი სატარიფო პოლიტიკა, განახლებული ინფრასტრუქტურა და მოძრავი შემადგენლობა, სადღესასწაულო დღეებში ქალაქის მაცხოვრებლებისა და სტუმრებისთვის უფასო საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის შეთავაზება, ინტეგრირებული გადახდის სისტემის დამუშავება და სხვა.

ქალაქის მასშტაბით გამოყოფილი სამარშრუტო ტრანსპორტის სპეციალური ზოლების გამოყენების ეფექტიანობის შეფასების კუთხით, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია პარამეტრია საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის ერთგვაროვნების მაჩვენებელი, რაც თავის მხრივ საერთო სარგებლობის ტრანსპორტის შემადგენლობასა და მუშაობის თავისებურებებს უსვამს ხაზს. ქალაქ თბილისის მასშტაბით მომუშავე საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტი წარმოდგენილია მუნიციპალური ავტოპარკის სახით, რომელიც თავის მხრივ M2 და M3 კატეგორიის ავტობუსებითაა დაკომპლექტებული. M2 კატეგორიის ავტოტრანსპორტი ქალაქის მასშტაბით გამოიყენება დიდი სიგრძის მარშრუტებზე, მისი მგზავრთტევადობის მაჩვენებლების მიუხედავად, ხოლო M3 კატეგორიის ავტობუსები წარმოდგენილია სხვადასხვა ტევადობის მაჩვენებლების მიხედვით. უნდა აღინიშნოს, რომ ქალაქ თბილისის საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტი განსხვავდება მუშაობის თავისებურებებითაც, რამდენადაც M2 კატეგორიის ავტობუსების მუშაობის პროცესი ქალაქის მასშტაბით მომუშავე საერთო სარგებლობის ავტოტრანსპორტის მუშაობის თავისებურებებთან შედარებით არატრადიციულია და გარკვეულწილად კონტექსტიდან ამოგლეჯილსაც ემსგავსება.

როგორც ცნობილია, საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მუშაობის პროცესი ემყარება კონკრეტული მარშრუტის განსაზღვრას, მარშრუტზე გარკვეული სიჩქარით გადაადგილებას, აღნიშნულ მარშრუტზე არსებულ მგზავრთმემკრებ ადგილებში (გაჩერებებზე) სავალდებულო გაჩერებას მგზავრების ჩასხმა-ჩამოსხმის მიზნით და ბოლოს კიდურა გაჩერებებზე შედარებით ხანგრძლივ დგომას გარკვეულწილად მგზავრთტევადობის შევსების მიზნით. ქალაქ თბილისის მასშტაბით მომუშავე M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მარშრუტზე მუშაობის თავისებურებები სრულ შესაბამისობაშია საქალაქო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის აღწერილი მუშაობის მოდელთან, რასაც ვერ ვიტყვით თბილისის მასშტაბით მომუშავე M2 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მუშაობის პროცესზე, რაც უმეტეს შემთხვევაში იდენტურია ზემოთ აღწერილი M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მარშრუტზე მუშაობის თავისებურებების, მაგრამ ამავე დროს განსხვავდება მგზავრთმემკრებ ადგილებში (გაჩერებებზე) არასავალდებულო გაჩერების უფლებით, კერძოდ M2 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსები მხოლოდ მაშინ ჩერდებიან გაჩერებებზე, თუ ამის შესახებ მოთხოვნას აყენებს მგზავრი, რომელიც გადაადგილდება აღნიშნული ავტოსატრანსპორტო საშუალებით, ან ქვეითი, რომელიც ელოდება კონკრეტულ ავტობუსს გაჩერებაზე. აღნიშნული სხვაობა M2 და M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მუშაობის პროცესს შორის საბოლოო ჯამში ახდენს გავლენას სატრანსპორტო მუშაობის შესრულების დროზე, რაც თავის მხრივ აისახება მგზავრის დროით დანახარჯებზე მგზავრობისას და საბოლოო ჯამში გავლენას ახდენს ამა თუ იმ კატეგორიის სამარშრუტო ავტოტრანსპორტის მოთხოვნადობის მაჩვენებლებზე.

როგორც ცნობილია საქალაქო საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის მიერ, ორ კონკრეტულ წერტილს შორის სატრანსპორტო პროცესის შესრულებაზე დახარჯული დრო შესაძლოა ვიანგარიშით ფორმულით:

$$t_{\Sigma} = t_{\text{მოდ}} + t_{\text{გაზ}} \cdot n_{\text{გაზ}}$$

სადაც $t_{\text{მოდ}}$ არის საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მიერ მოძრაობაზე დახარჯული დრო;

$t_{\text{გაზ}} \cdot n_{\text{გაზ}}$ - საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მიერ გაჩერებებზე დახარჯული დრო.

წარმოდგენილი ფორმულა ნათლად გვიჩვენებს, რომ გაჩერებების რაოდენობა მარშრუტზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მიერ სატრანსპორტო პროცესის შესრულებაზე დახარჯულ დროზე. M2 და M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მარშრუტზე მუშაობის თავისებურებებიდან გამომდინარე შეგვიძლია შევნიშნოთ, რომ $t_{M2} < t_{M3}$.

ქალაქ თბილის მასშტაბით მოძრავი M2 და M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსები, დადგენილი რეგულაციის შესაბამისად გადაადგილდებიან მხოლოდ სამარშრუტო ტრანსპორტის სპეციალურად გამოყოფილ ზოლებში და არ აქვთ აღნიშნული ზოლის დატოვების უფლება გაუთვალისწინებელი და საგანგებო შემთხვევის გარდა (გზის ჩახერგვა, საგზაო შემთხვევა, ტექნიკური გაუმართაობა). წარმოდგენილი რეგულაცია დღე-ღამის უმეტეს პერიოდში, როდესაც გზებზე, ან გზის კონკრეტულ მონაკვეთზე არ შეინიშნება შემჭიდროვებული მოძრაობა უარყოფითად აისახება M2 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მუშაობის დროით მაჩვენებლებზე. როგორც აღვნიშნეთ აღნიშნული ტიპის სამარშრუტო ავტობუსს არ აქვს ე.წ. „სავალდებულო გაჩერების“ აუცილებლობა, რაც მის უპირატესობად ითვლება დროითი დანახარჯების კუთხით, მაგრამ რამდენადაც როგორც M2 ისე M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსები გადაადგილდებიან სპეციალურად გამოყოფილ ზოლებზე და არ აქვთ მისი დატოვების უფლება M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსის აუცილებლად შესასრულებელი გაჩერებისას იძულებულია ყოველგვარი საჭიროების გარეშე გაჩერდეს M2 კატეგორიის სამარშრუტო საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტიც, რაც დროითი, საწვავეკონომიურობის და ეკოლოგიურობის მაჩვენებლების გაუარესების წინაპირობაა.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე უაღრესად მნიშვნელოვანია სპეციალურად გამოყოფილ ზოლებში მომუშავე M2 კატეგორიის სამარშრუტო საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტს მიეცეს საჭიროების და შესაძლებლობის შემთხვევაში ზოლის დატოვების უფლება, შემდგომი მყისიერი მოცემულ ზოლში დაბრუნების პირობით, რაც შესაძლებლობას მოგვცემს თავიდან იქნას აცილებული გაუმართლებელი დროითი დანაკარგები, გაზრდილი საექსპლუატაციო დანახარჯები და გაუარესებული ეკოლოგიური მაჩვენებლები.

დასკვნა

ქალაქის მასშტაბით მომუშავე საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით, სპეციალური სამარშრუტო ტრანსპორტის ზოლების გამოყოფა უაღრესად მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურული ჩარევაა, რაც თანამედროვე ქალაქებში გაზრდილი სატრანსპორტო ნაკადების ფონზე აუმჯობესებს საზოგადოებრივი ავტოტრანსპორტის მუშაობის დროით, საწვავ-ეკონომიურ და ეკოლოგიურ მაჩვენებლებს,

მაგრამ ამავე დროს გვხვდება ე.წ უარყოფითი ეფექტიც ქალაქ თბილისის მუნიციპალური საავტობუსო პარკის შემადგენლობისა და მასში შემავალი M2 ისე M3 კატეგორიის სამარშრუტო ავტობუსების მუშაობის თავისებურებებიდან გამომდინარე. შესაბამისად უაღრესად მნიშვნელოვანია დამუშავდეს ისეთი რეგულაცია, როგორც სამართლებრივ, ისე ინფრასტრუქტურულ დონეზე, რაც შესაძლებელს გახდის მაქსიმალურად ოპტიმალურად იქნას გამოყენებული სამარშრუტო ტრანსპორტისთვის გამოყოფილი ზოლი.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. www.tbilisi.gov.ge;
2. Жиркова А.А., Тутова П.А., Гасов К.А. Обоснование введения выделенных полос для маршрутно пассажирского транспорта, ЕСУ, №1, 2016 г, стр. 52-55.

Optimizing the work of public transport in the city of Tbilisi on the basis of increasing the efficiency of the use of allocated lanes

**Valery Dzhadjanidze, David Pridonashvili, Goderdzi Tabatadze,
Omari Mamalashvili**

Abstract

The efficiency of public transport in modern cities, including Tbilisi, is directly related to the proper functioning of the transport infrastructure. Due to the increased traffic flows on the roads of the city, at the main junctions and highways, heavy traffic is constantly observed during most of the day and night, which, in turn, is characterized by time costs for carrying out transport processes, increased fuel consumption and deterioration of the ecological situation as a result of the corresponding production. One of the methods of solving the problem is the allocation of a special lane for route transport, which will avoid delays in the movement of public transport, and the effective use of the allocated lane, based on the features of Tbilisi city transport, will make the system work even more optimal.

Оптимизация работы общественного транспорта в городе Тбилиси на основе повышения эффективности использования выделенных полос

**Валерий Джаджанидзе, Давид Придонашвили, Годердзи Табатадзе,
Омари Мамалашвили**

Резюме

Эффективность работы общественного транспорта в современных городах, в том числе и в Тбилиси, напрямую связана с надлежащим функционированием транспортной инфраструктуры. В связи с возросшими транспортными потоками на дорогах города на основных развязках и магистралях в течение большей части дня и ночи постоянно наблюдается плотное движение, что в свою очередь характеризуется временными затратами на выполнение транспортных процессов, повышенным расходом топлива и ухудшением экологической обстановки в результате соответствующих выбросов. Одним из методов решения проблемы является выделение специальной полосы для маршрутного транспорта, что позволит избежать задержек в движении общественного транспорта, а эффективное использование выделенной полосы, исходя из особенностей тбилисского городского транспорта, сделает работу системы еще более оптимальной.

უაკ 629.113.004

სატრანსპორტო ნაკადის სიმჭიდროვის შემცირება საქალაქო ავტობუსების ეფექტიანობის გაზრდით ომარი მამალაშვილი*

** დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: mamalashviliomari@gmail.com

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

რეზიუმე:

სტატიაში წარმოდგენილია ის ობიექტური და სუბიექტური ფაქტორები, რომელთა მიზეზითაც შემცირებულია საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსების ექსპლუატაციის ეფექტიანობა. ამ ბოლო პარამეტრის შემცირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სატრანსპორტო ნაკადის სიმჭიდროვის ზრდა. დასახელებული უარყოფითი მოვლენის გამოსასწორებლად არსებულ ღონისძიებებს შორის უპირატესობა მინიჭებული აქვს საქალაქო ავტობუსებისათვის სპეციალური ზოლების გამოყოფას. ამ უკანასკელი პროცესის განხორციელება საკმაოდ შრომატევადია და დიდ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ მის რაციონალურად წარმართვისთვის შემოთავაზებულია მოდელირებით სარგებლობა. არსებული პროგრამა „PTV VISSIM“-ის გამოყენებით განხორციელდა სატრანსპორტო პროცესის მოდელირება კოსტავას ქუჩაზე და მის კვეთებზე. შემოთავაზებული მეთოდის კონკრეტული რეალიზაციის შედეგად წარმოდგენილ იქნა რეკომენდაციები, რომლებიც საქალაქო ავტობუსების ეფექტიანობის გაზრდით შეამცირებენ სატრანსპორტო ნაკადის სიმჭიდროვეს.

საკვანძო სიტყვები:

ნაკადის სიმჭიდროვე, საქალაქო ავტობუსი, ეფექტიანობა, სპეციალური ზოლი, მოდელირება.

შესავალი

სატრანსპორტო პრობლემები თანამედროვე დიდ ქალაქებში და რა თქმა უნდა თბილისშიც, სულ უფრო მატულობს. მათი გადაწყვეტა საკმაოდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, თან ძალიან ხშირად ამ პროცესში წარმოიქმნება ახალი წინააღმდეგობები. ამ უკანასკნელთა გამო ძალიან ხშირად ხდება საგზაო-სატრანსპორტო ქსელის გადატვირთვა, წარმოიქმნება საცობები, იზრდება საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მოხდენის ალბათობა, უარესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა. დასახელებულმა მოვლენებმა ყველაზე მეტად დააზიანა მარშრუტზე მომუშავე საქალაქო ავტობუსები, რომელთა მოძრაობის საშუალო სიჩქარეები ძალიან შემცირდა. მიუხედავად მრავალგზისი მეცნიერული კვლევებისა და პრაქტიკულად დანერგილი სიახლეებისა, მდგომარეობა დიდად არ გაუმჯობესებულა. მაგალითად, დასახელებული სიდიდე პარიზში შეადგენს 7 კმ/სთ-ს, ლონდონში 12 კმ/სთ-

ს, ხოლო აშშ-ს ქალაქებში 14-16 კმ/სთ-ს. აღნიშნულ პუნქტებში პიკის საათებში საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის სიჩქარე მცირდება 5-8 კმ/სთ-მდე.

მთელი რიგი თეორიული და პრაქტიკული კვლევებით აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად რეკომენდირებულია საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსებისათვის უპირატესობის მინიჭება მოძრაობის პროცესში მათთვის სპეციალური ზოლების გამოყოფით. ამიტომ, დასახელებული ღონისძიების განხორციელებისადმი მიძღვნილი ყოველი ნაშრომი აქტუალური და აუცილებელია.

ძირითადი ნაწილი

ზემოთ დასახელებული სატრანსპორტო პრობლემის გადასაწყვეტად საერთო დონე კვლევებისა და მათი პრაქტიკული გამოყენება არაა საკმარისი შემდეგი ფაქტორების გამო:

- სატრანსპორტო ნაკადებს ახასიათებთ მრავალფეროვნება და არასტაბილურობა, ამიტომ მათ შესახებ ობიექტური ინფორმაციის მიღება რთული და შრომატევადია.
- საგზაო მოძრაობის მართვის ხარისხის შემფასებელი კრიტერიუმები ურთიერთსაწინააღმდეგოა. მაგალითად, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მოძრაობის უწყვეტობა და ამავდროულად შემცირდეს ამ პროცესისას დანაკარგები. ასევე გასათვალისწინებელია, რომ შეზღუდვები აქვს როგორც მოძრაობის სიჩქარეს, ასევე მიმართულებას.
- საგზაო პირობებს, მიუხედავად სტაბილურობისა, ახასიათებს მოულოდნელი დაუგეგმავი გადახრები, რომლებიც გამოწვეულია როგორც კლიმატური, ასევე საგზაო პირობებით.
- საგზაო მოძრაობის ოპტიმალურად მართვისათვის კვლევების შედეგად მიღებული გადაწყვეტილებები რეალიზაციისას ზუსტად ვერ სრულდება, რაც იწვევს გაუთვალისწინებელ უარყოფილ ეფექტებს.

სატრანსპორტო ნაკადის დინამიკურ მახასიათებლებზე მოქმედი ფაქტორებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია სპეციალურად გამოყოფილ ზოლებში საქალაქო ავტობუსების ეფექტიანობა. ამ პარამეტრის გაზრდით დასახელებული საავტომობილო სატრანსპორტო საშუალება უკეთესად ასრულებს მასზე დაკისრებულ მოვალეობას - მგზავრთა გადაადგილება დროულად, უსაფრთხოდ და კომფორტულად. ამის შედეგად იზრდება რაოდენობა იმ ადამიანებისა, რომლებიც კერძო ავტომობილების ნაცვლად, გადაადგილდებიან საქალაქო მარშრუტზე მომუშავე ავტობუსებით. აღნიშნულიდან გამომდინარე ცხადია, რომ მცირდება სატრანსპორტო ნაკადის სიმჭიდროვე და იზრდება მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

გამოყოფილ ზოლებში ექსპლუატაციისას საქალაქო ავტობუსების ეფექტიანობის გასაზრდელად, მრავალრიცხოვან მეცნიერ-მუშაკთა აზრით, დიდ ქალაქებში სატრანსპორტო ნაკადების მართვისთვის ეფექტური სტრატეგიის შესამუშავებლად, საგზაო-სატრანსპორტო ქსელის პროექტირების ოპტიმალურად წარმართვისა და ტრანსპორტის მოძრაობის ორგანიზაციის მაღალ დონეზე განხორციელებისთვის გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი ფაქტორები:

- სატრანსპორტო ნაკადების მახასიათებელი პარამეტრების ფართო სპექტრი;
- სატრანსპორტო ნაკადების დინამიკურ მახასიათებლებზე მოქმედი გარეგანი და შინაგანი ფაქტორების მოქმედების კანონზომიერებანი.

დასახელებული ამოცანების განსახორციელებლად საჭიროა მოდელირების გამოყენება, რომლის საშუალებითაც განხორციელდება შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

- ქალაქის ტერიტორიაზე ახალი ელემენტების (მეტროს ხაზი, რადიალური და წრიული ავტომაგისტრალები და სხვა) გამოჩენის გათვალისწინებით სატრანსპორტო სისტემის ცვლილება;
- ქალაქის შემადგენლობაში ახალი საცხოვრებელი რაიონის ან დიდი სამრეწველო-საწარმოო ობიექტის გახსნის შემთხვევაში კორექტირების შეტანა სატრანსპორტო სქემაში;
- გარკვეული მიზეზების გამო, რომელიმე სახის მოძრაობა შემადგენლობის დროებით შეჩერების ან ლიკვიდაციის შედეგად მგზავრთა გადაადგილებაში წარმოქმნილი შეფერხებების აღმოსაფხვრელად სატრანსპორტო ნაკადების გადანაწილება;

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სატრანსპორტო ნაკადების სიმჭიდროვის შესამცირებლად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქალაქო ავტობუსებისათვის სპეციალური ზოლების გამოყოფა, ხოლო აღნიშნული ღონისძიების ოპტიმალურად წარმართვისთვის საჭიროა მოდელირების გამოყენება. ამიტომ, ჩვენს მიერ ცნობილი პროგრამა „PTV VISSIM“-ის გამოყენებით განხორციელდა სატრანსპორტო პროცესის მოდელირება კონკრეტული შემთხვევებისთვის. კერძოდ, შერჩეულ იქნა ქ. თბილისში კოსტავას ქუჩა და მასზე არსებული გზაჯვარედინები. ამის შემდეგ, განხორციელდა შედგენილი მოდელის შემოწმება ვალიდურობაზე. ამ პროცესის მიზანია არსებული სიტუაციის მიკრო სიმულაციური სატრანსპორტო მოდელის მაქსიმალურად მიახლოება რეალობასთან საკვლევი არეალიდან აღებული მონაცემების მიხედვით. კალიბრაციის პერიოდში, მოდელირების შედეგები შედარდა არსებულ მონაცემებთან იმის დასადგენად, იყო თუ არა სატრანსპორტო სიმულაცია დასაშვებ დიაპაზონში. ვალიდაციის კრიტერიუმები დაფუძნებულია წარსულში ჩატარებულ ანალოგიურ კვლევებთან. კალიბრაციის მიზნები მდგომარეობს შემდეგში:

მიზანი 1: პიკის საათში რიგის სიგრძეთა იდენტიფიკაცია

მიზანი 2: მოდელირებულ სატრანსპორტო ქსელში განლაგებულ თვლის წერტილებზე (Data Collection Points) აღებული სატრანსპორტო ნაკადები, დათვლილი ნაკადების მიხედვით აკმაყოფილებდნენ შემდეგ პირობებს:

- 75%-ზე მეტ შემთხვევაში სატრანსპორტო ნაკადების ცდომილება იყოს:
 - 700 სატრანსპორტო საშუალებაზე ნაკლების შემთხვევაში სატრანსპორტო საშუალების დიაპაზონში;
 - 700-დან 2700 სატრანსპორტო საშუალების შემთხვევაში 15% დიაპაზონში;
 - 2700-ზე მეტი სატრანსპორტო საშუალების შემთხვევაში 400 სატრანსპორტო საშუალების დიაპაზონში.
- 75 პროცენტზე მეტის შემთხვევაში GEH-ის მნიშვნელობა იყოს 5-ზე ნაკლები.

GEH არის სტანდარტული სტატისტიკური მიდგომა არსებული და მოდელირებული ნაკადების შედარებისათვის (სატრანსპორტო მიკროსიმულაციური მოდელის დაკალიბრების სახელმძღვანელო, 2004). GEH-ის გამოყენებით შესაძლებელია დავადგინოთ მოდელირების ვალიდურობა. ის გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

M = მოდელირებული სატრანსპორტო ნაკადი

C = დათვლილი სატრანსპორტო ნაკადი

- თუ GEH ნაკლებია 5-ზე, ნიშნავს, რომ პირობა დაკმაყოფილებულია;
- თუ GEH არის 5-სა და 10-ს შორის, შესაძლოა დასჭირდეს მეტი დაკვირვება;
- თუ GEH მეტია 10-ზე, ის არ აკმაყოფილებს GEH-ის მოთხოვნებს და საჭიროებს გამოსწორებას.

ჩატარებული ანგარიშებისა და პრაქტიკული დაკვირვებების შედარებამ აჩვენა წარმოდგენილი მოდელის ადეკვატურობა.

შემოწმებული მოდელის საშუალებით მოხდა შერჩეული კვანძების (კოსტავას ქუჩა და მისი გზაჯვარედინები) ანალიზი და დადგინდა შეფერხებების მიზეზები. ამის შემდეგ, საკვლევ ორ კვანძზე შემოთავაზებულ იქნა მოძრაობის ორგანიზაციის ახალი სქემა, რომლის მიხედვითაც კოსტავასა და ტყვარჩელის ქუჩების კვეთაზე, გზაჯვარედინამდე 50 მეტრით ადრე, საჭიროა მარჯვნივმომხვევი ზოლის მოწყობა. რაც შეეხება მეორე კვანძს (კოსტავასა და მიროტაძის ქუჩების კვეთა), გზაჯვარედინამდე ტროტუარის სიგანის შემცირების ხარჯზე, როგორც მარჯვნივ, ასევე მარცხნივ, უნდა მოეწყოს შემხვევი ზოლები. შედგენილი მოდელის საშუალებით ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ამ ღონისძიებით 23-29%-ით იზრდება სატრანსპორტო ნაკადის და რა თქმა უნდა, საქალაქო ავტობუსების მოძრაობის საშუალო სიჩქარე და შესაბამისად მცირდება სიმჭიდროვე ნაკადისა.

დასკვნა

მოდელირების საშუალებით ჩატარებული ანალიზის შედეგად წარმოდგენილი რეკომენდაციების განხორციელება ავტომობილების მოძრაობის სქემის ოპტიმიზირებისათვის, მნიშვნელოვნად გაზრდის საქალაქო მარშრუტზე მოძრავი ავტობუსების ეფექტიანობას და შეამცირებს სატრანსპორტო ნაკადების სიმჭიდროვეს.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. <https://znanierussia.ru/articles/моделирование>
2. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса М., 2004. - 44 с.: ил. - (Препринт № 34, Москва, 2004 / Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша).
3. დავით საცერაძე, სატრანსპორტო ნაკადების მოდელირების მიზნების, ამოცანების, მოდელირების მეთოდებისა და ტექნოლოგიების სისტემური ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური, თბილისი, GESJ: Computer Science and Telecommunications 2016|No.2(48) ISSN 1512-1232

Reducing Traffic Flow Density by Increasing the Efficiency of Public Transport

Omari Mamalashvili

Abstract

The article presents the objective and subjective factors that reduce the operational efficiency of city buses. A significant factor in this reduction is the increase in traffic flow density. Among the measures taken to address this issue, the allocation of dedicated lanes for city buses is prioritized. However, this process is labor-intensive and costly. Therefore, modeling is proposed for its rational implementation. Using the “PTV VISSIM” software, the transportation process was modeled on Kostava Street and its intersections. Based on the specific implementation of the proposed method, recommendations were presented that aim to reduce traffic flow density by increasing the efficiency of urban buses.

Снижение Плотности Транспортного Потока за Счёт Повышения Эффективности Общественного Транспорта

Омари Мамалашвили

Резюме

В статье рассматриваются объективные и субъективные факторы, снижающие эксплуатационную эффективность городских автобусов. Существенным фактором этого снижения является увеличение плотности транспортного потока. Среди принимаемых мер основное внимание уделяется выделению отдельных полос для движения городских автобусов. Однако данный процесс является трудоёмким и дорогостоящим. Поэтому предлагается использовать моделирование для его рационального внедрения. С помощью программного обеспечения "PTV VISSIM" была смоделирована транспортная ситуация на улице Костава и на её пересечениях. На основе конкретной реализации предложенного метода представлены рекомендации, направленные на снижение плотности транспортного потока путём повышения эффективности городских автобусов.

Кинематика и динамика лестничного транспортера

Зураб Мchedlishvili*

** Грузинский технический университет, факультет транспортных систем и механики инженерии, департамент инженерной графики и технической механики, асоциированный профессор, ел. Почта: zurab.mch@mail.ru*

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

Резюме:

Данная статья посвящена определению основных физических параметров ходовой части изобретенного многоцелевого лестничного транспортера, в частности, упомянутый транспортер предназначен для перевозки инвалида. Для повышения устойчивости платформы при передвижении предложен новый рычажный механизм, обеспечивающий плавный переход машины из наклонных в плоские части лестницы. В порядке определения конструктивных параметров в статье рассмотрен кинематический и динамический анализ предлагаемой механической системы.

Ключевые слова:

Лестничные транспортер, рычажный механизм, кинематика, динамика, ускорение, момент инерции.

Введение

Для того, чтобы дать человеку возможности преодоления различных препятствий, в том числе лестницы в Грузинском техническом университете был изобретен лестничный транспортер с оригинальной схемой каркаса. Упомянутая машина изображена на фиг. 1.



Рис. 1. Опытный образец лестничного подъемника.

Как показано на рисунке, механическая система состоит из рамы и различных механических систем с исполнительными механизмами. Одна из общих проблем, которая характерна для каждой такой машины, - это момент, когда машина преодолевает последний шаг лестницы и продолжает движение на лестничной площадке.. Указанный переходный процесс происходит в тот момент, когда машина проходит свой центр

тяжести, что происходит при быстром переходе устройства на плоскую поверхность лестничной площадки. Описанный процесс негативно влияет на динамическую устойчивость устройства и еще безопасность эксплуатаций машины, а также создает препятствия на пути использования устройства лицами не могущими самостоятельно ходить.

Кинематическая схема механизма

Данная механическая система состоит из различных типов деталей и элементов конструкции с различными типами стыков смежных звеньев. Для правильного проектирования многозвенных механических систем необходимо определять параметры жесткости прутка с учетом движения машины по лестницам.

Ниже на рис.2 приведена схема подвижной платформы с многорычажным механизмом, который улучшает движение устройства по лестнице и смягчает описанное переходное движение. На основании сказанного, неходячие люди могут использовать устройство автономно. Данная платформа состоит из следующих основных частей:

1. Резиновая зубчатая лента; 2. Гидравлический привод наклона держателя спинки кресла-коляски; 3,10. Ведомые колеса; 4. Коромысло правой части рычажного механизма; 5. Пружины и толкатель; 6. Замок спинки кресла-коляски 7. Боковая рама, которая поддерживает все части машины; 8. Коромысло левой части рычажного механизма; 9. Механизм наклона держателя спинки кресла-коляски 11. ведущее колесо; 12. кресло-каталка; 13. Держатель спинки инвалидной коляски.

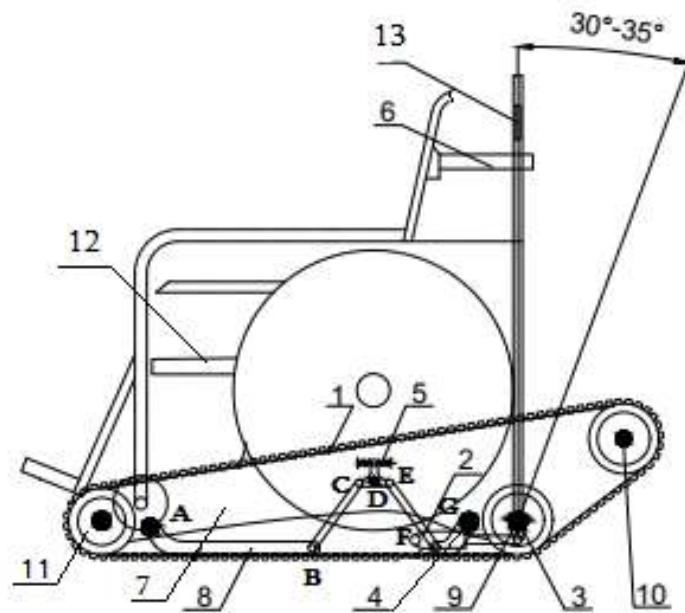
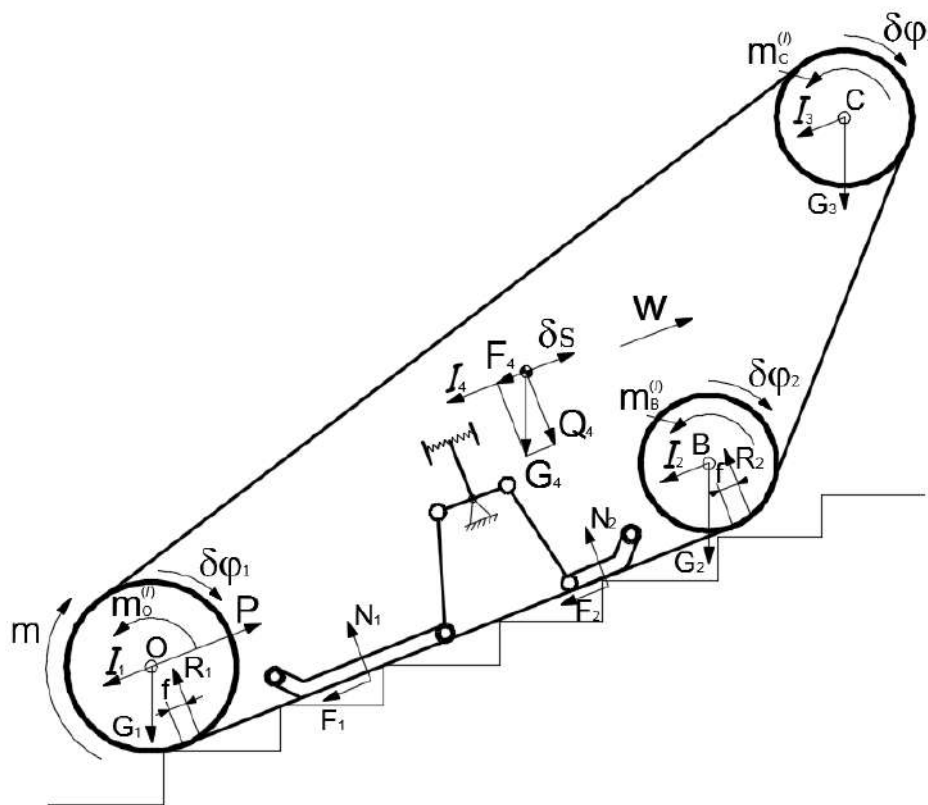


Рис. 2. Схема подвижной платформы с многорычажным механизмом.

Движение лестничного транспортера

Для вывода уравнения равномерного движения устройства необходимо изучить положение машины при ее движении по лестнице. Расчетная схема конструкции машины приведена на рис.3.



რის. 3. რასქათნა სქემა ტრანსპორტერა რი ეო დრირენი რე ლესტნიცე.

Во время движения транспортера на нем действуют различные силы со стороны грунта или лестницы, F_1 и F_2 - силы трения скольжения, действующие в месте касания дорожки с краем ступени лестницы; силы реакции N_1 и N_2 , действующие на направляющие AC и UL (см. рис. 4); G - сила тяжести, F и P являются составляющими в направлении движения платформы и перпендикулярно к направлению; M - крутящий момент, действующий на ведущее колесо, а $m_0^{(j)}$, $m_1^{(j)}$ и $m_3^{(j)}$ - моменты сил инерции, действующие на колеса платформы; R_1 и R_2 силы реакции, действующие в точках касания ведущего и ведомого колес с лестницей или полом.

Основываясь на этой расчетной схеме для написания уравнения движения, надо использовать известное из теоретической механики общее уравнение динамики механической системы.

$$\sum_{k=1}^n [(F_{kx} - m_k \ddot{x}_k) \delta x_k + (F_{ky} - m_k \ddot{y}_k) \delta y_k + (F_{kz} - m_k \ddot{z}_k) \delta z_k] = 0; \quad (1)$$

Для того, чтобы записать это уравнение в развернутом виде, необходимо определить силы инерции, действующие на рассматриваемую механическую систему. В случае, когда механическая система движется линейно с постоянной скоростью, ускорение и, следовательно, значения сил инерции равны нулю.

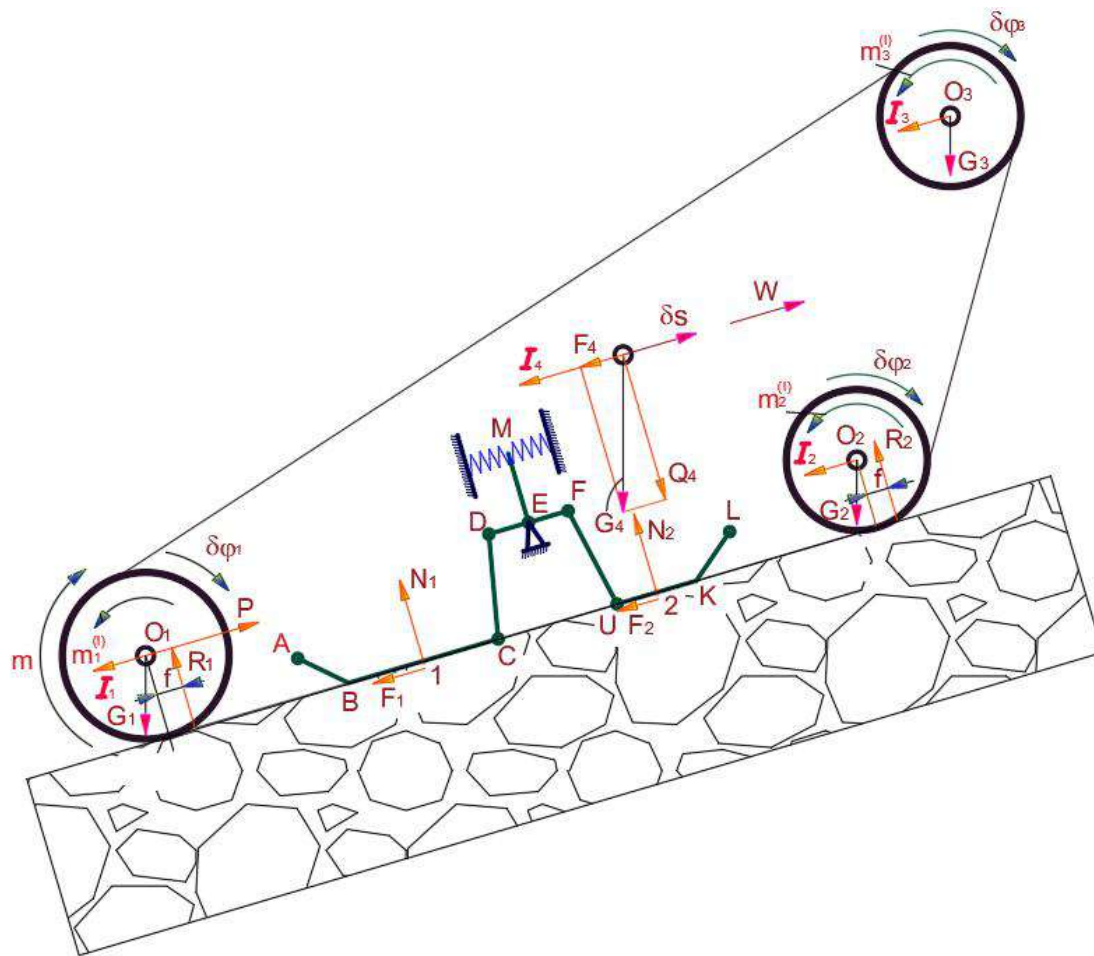


Рис. 4. Расчетная схема транспортера при его движении по наклонному грунту.

Однако, если предположить, что исследуемый транспортер движется по лестнице с постоянным ускорением (w), тогда угловые ускорения колес, можно записать следующим образом:

$$\varepsilon_1 = \frac{w}{r_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{w}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = \frac{w}{r_3}. \quad (2)$$

Обозначим M'_1 , M'_2 и M'_3 массами колес, так как колеса расположены попарно по обе стороны транспортера, при определении сил инерции значения масс колес берутся в удвоенном значении. Направим ось Ox вдоль движения транспортера а ось Oy перпендикулярно его движению. В соответствии со сказанным, можно записать выражения для сил инерции всех колес по отдельности:

$$V_{1x}^{(j)} = -M_1 w, \quad V_{2x}^{(j)} = -M_2 w, \quad V_{3x}^{(j)} = -M_3 w. \quad (3)$$

Здесь $-M_i$ массы колес, которые равны $M_i = 2M'_i$.

С учетом приведенных соотношений можно определить крутящие моменты сил инерции, действующих на два колеса в месте, в следующем виде:

$$m_a^{(j)} = -\frac{M_1 r_1^2}{2} \varepsilon_1, \quad m_b^{(j)} = -\frac{M_2 r_2^2}{2} \varepsilon_2, \quad m_c^{(j)} = -\frac{M_3 r_3^2}{2} \varepsilon_3. \quad (4)$$

Для решения вышеуказанного уравнения (1) используют метод возможных перемещения. Для нашего случая возможные повороты колес машины можно выразить в виде:

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta s}{r_1}, \quad \delta\varphi_2 = \frac{\delta s}{r_2}, \quad \delta\varphi_3 = \frac{\delta s}{r_3}. \quad (5)$$

Здесь - δs - элементарное линейное перемещение транспортера.

Во время движения транспортера на машину действуют следующие активные и реактивные силы:

- m крутящий момент, действующий на ведущее колесо, который приводит в движение гусеницу;
- P обозначает движущую силу, действующую на ось O ;
- G_1, G_2 и G_3 - силы тяжести пар колес транспортера. G сила тяжести транспортера.
- F_1, F_2 - силы трения, действующие на направляющие колесной подвески;
- N_1, N_2 силы реакции действующие по нормали к направляющим колесной подвески;

На основании уравнения (1) с учетом приведенных выше соотношений получим:

$$\begin{aligned} m\delta\varphi_1 + p\delta s - G_1\delta s \sin\alpha - M_1w\delta s - \frac{M_1r_1^2}{2}\varepsilon_1 \frac{\delta s}{r_1} - R_1f_k \frac{\delta s}{r_1} - G_2\delta s \sin\alpha - M_2w\delta s - \\ - \frac{M_2r_2^2}{2}\varepsilon_1 \frac{\delta s}{r_2} - R_2f_\theta \frac{\delta s}{r_2} - G_3\delta s \sin\alpha - M_3w\delta s - \frac{M_3r_3^2}{2}\varepsilon_3 \frac{\delta s}{r_3} - M_4w\delta s - G_4\sin\alpha \delta s - \\ - (N_1 + N_2)k\delta s = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

На следующем этапе расчета надо члены содержащие ускорения перенести в правую часть уравнения, в результате чего получим:

$$\begin{aligned} m\frac{\delta s}{r_1} + p\delta s - G_1\delta s \sin\alpha - \frac{M_1r_1^2}{2}\varepsilon_1 \frac{\delta s}{r_1} - R_1f_k \frac{\delta s}{r_1} - G_2\delta s \sin\alpha - \\ - \frac{M_2r_2^2}{2}\varepsilon_1 \frac{\delta s}{r_2} - R_2f_\theta \frac{\delta s}{r_2} - G_3\delta s \sin\alpha - \frac{M_3r_3^2}{2}\varepsilon_3 \frac{\delta s}{r_3} - G_4\sin\alpha \delta s - \\ - (N_1 + N_2)k\delta s = M_1w\delta s + M_2w\delta s + M_3w\delta s + M_4w\delta s. \end{aligned} \quad (7)$$

После чего надо обе части полученного соотношения разделить на δs :

$$\begin{aligned} \frac{m}{r_1} + p - G_1 \sin\alpha - \frac{M_1r_1^2}{2} \cdot \frac{\varepsilon_1}{r_1} - \frac{R_1f_k}{r_1} - G_2 \cdot \sin\alpha - \\ - \frac{M_2r_2^2}{2} \cdot \frac{\varepsilon_1}{r_2} - \frac{R_2f_\theta}{r_2} - G_3 \cdot \sin\alpha - \frac{M_3r_3^2}{2} \cdot \frac{\varepsilon_3}{r_3} - G_4 \cdot \sin\alpha - \\ - (N_1 + N_2)k = M_1w + M_2w + M_3w + M_4w. \end{aligned} \quad (8)$$

Чтобы получить уравнение определяющее ускорение транспортера под действием всех активных сил и моментов, сил реакции, сил инерции и моментов сил инерции, надо ускорение вывести за скобки правой части уравнения (8) и потом левую часть уравнения разделить на выражение в скобках, в результате чего получим окончательное выражение определяющее ускорение платформы при подъеме на лестницу или на наклонную площадку:

$$W = \frac{\frac{m}{r_1} + p - G_1 \sin \alpha - \frac{M_1 r_1^2 \varepsilon_1}{2} - \frac{R_1 f_k}{r_1} - G_2 \sin \alpha}{M_1 + M_2 + M_3 + M_4} - \frac{\frac{M_2 r_2^2 \varepsilon_1}{2} + \frac{R_2 f_\theta}{r_2} + G_3 \sin \alpha + \frac{M_3 r_3^2 \varepsilon_3}{2} + G_4 \sin \alpha + (N_1 + N_2)k}{M_1 + M_2 + M_3 + M_4} \quad (9)$$

Литература:

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. / И.И. Артоболевский. - М.: Альянс, 2016. - 640 с.
2. Борисенко, Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов: Учебное пособие / Л.А. Борисенко. - М.: НИЦ Инфра-М, Нов. знание, 2013. - 285 с.
3. Коловский, М.З. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов, А.В. Слоущ. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 560 с.
4. Мкртычев, О.В. Теория механизмов и машин: Практ. / О.В. Мкртычев. - М.: Вузовский учебник, 2019. - 320 с.
5. Смелягин, А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие / А.И. Смелягин. - М.: Инфра-М, 2018. - 320 с.
6. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для бакалавров / Г.А. Тимофеев. - М.: Юрайт, 2013. - 351 с.
7. Фролов, К.В. Теория механизмов и механика машин. Т.5. Механика в техническом университете / К.В. Фролов. - М.: МГТУ, 2012. - 686 с.
8. Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин. Учебно-методическое пособие / В.П. Чмиль. - СПб.: Лань, 2012. - 288 с.

kinematics and dynamics of the undercarriage of the ladder conveyor

Zurab Mchedlishvili

Abstract

The given transaction is devoted to the determination of main physical parameters of running gear of invented stair climber platform for different purposes, in particular the mention platform is intending to use for disabled person. In order to improve stability of the platform in the given transaction is offered new lever mechanism, which providing smooth transition of the machine from inclined to the plane parts of staircase. In order of constructive parameters determination in the transaction are given kinematic and force analysis of offered mechanical system.

კიბემავალი ტრანსპორტიორის კინემატიკა და დინამიკა

მჭედლიშვილი ზურაბი

რეზიუმე

მოცემული სტატია ეძღვნება მრავალფუნქციონალური კიბემავალი ტრანსპორტიორის სავალი ნაწილის ძირითადი მექანიკური პარამეტრების განსაზღვრას. ნახსენები ტრანსპორტიორი განკუთვნილია ინვალიდის გადასაცვანად. პლათფორმის მდგრადობის გაზრდის მიზნით გადაადგილებისას შემუშავებულია ახალი ბერკეტული მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს მანქანის მდორე გადასვლას კიბის დახრილი ნაწილიდან ბრტყელ უბანზე. კიბემავალის კონსტრუქციული პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით სტატიაში გაკეთებულია შემუშავებული მექანიკური სისტემის კინემატიკური და დინამიკური ანალიზი.

Kinematics of the articulated pentagon with two degrees of freedom

Zurab Mchedlishvili*

**Georgian Technical University, Faculty of Transport Systems and Engineering Mechanics,
Department of Engineering Graphics and Technical Mechanics, Associated Professor,
E-mail: zurab.mch@mail.ru*

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

Abstract:

The article is devoted to solving the direct kinematic problem of a five-link lever mechanism and with two degrees of freedom. The solution of this task is very important for determining the kinematic parameters of the actuators. The problem can be divided in two parts. The first part deals with the problem When the rotation angles, angular speeds and accelerations of the input links of the mechanism are set and it is necessary to determine the positions of the output link, its speed with acceleration, and in the second part of the task, the question is considered when the coordinates of the output link of the mechanism of its speed and acceleration are set and the need arises to determine the angles of rotation and angular speeds and acceleration of the input links of the mechanism. In our case, only the first part of the problem (direct problem) is considered. In this case, it is considered that the mechanism consists of only five rotary kinematic pairs of the fifth class and electric machines are located at the point of connection of the stand with the initial links of the mechanism under study. The solution of this problem is based on the use of homogeneous coordinates. On the basis of the obtained equations of motion, both the trajectories of the output link and its speed and acceleration can be calculated, as well as the angles of rotation of the links of the mechanism, taking into account predetermined kinematic parameters of the input links of the mechanism.

Keywords:

Five-link mechanism, kinematic pair, trajectory, link, speed, acceleration.

Introduction

The five link mechanisms with two degrees of freedom are differ from other multi bur mechanisms with one degree of freedom with features allowing to obtain different type of trajectories by output links, when lengths of links remaining constant. The said is very important for technological machines, which during operation would change movement of trajectory of the executive link. Because of movements of the output links are governed by controllable actuators these kinds of mechanisms would be attributed to mechatronic systems. At the same time, as distinct from the mechanisms with one degree of freedom, design of which depend of three geometrical parameters, in case of the mechanism with two degree of freedom, in order to solve the task of synthesis it is necessary to determine six said parameters. Here in spite the four geometrical parameters it is necessary to determine the initial state of input links, they are faze angle and transmission ratio between the input links with taking in account of their direction of motion.

Extension of number of parameters for the mechanisms with two degrees of freedom is given rise to complication solution of the tasks of synthesis and analysis of such type of mechanical systems.

Here in the article is given the solution of the problem of analysis of the mentioned mechanical systems by usage of homogenous coordinates. The received equations of kinematics are written in matrix form that simplifies calculations of kinematic parameters.

The straight geometrical task

The design diagram of mechanical system with two degrees of freedom, where the links are connected with fives class kinematic pairs is given on the Fig. 1. In order to determine such kinematic parameters of the system as coordinates of trajectories of the impute link as well its velocity and acceleration lets use the method of homogenous coordinates.

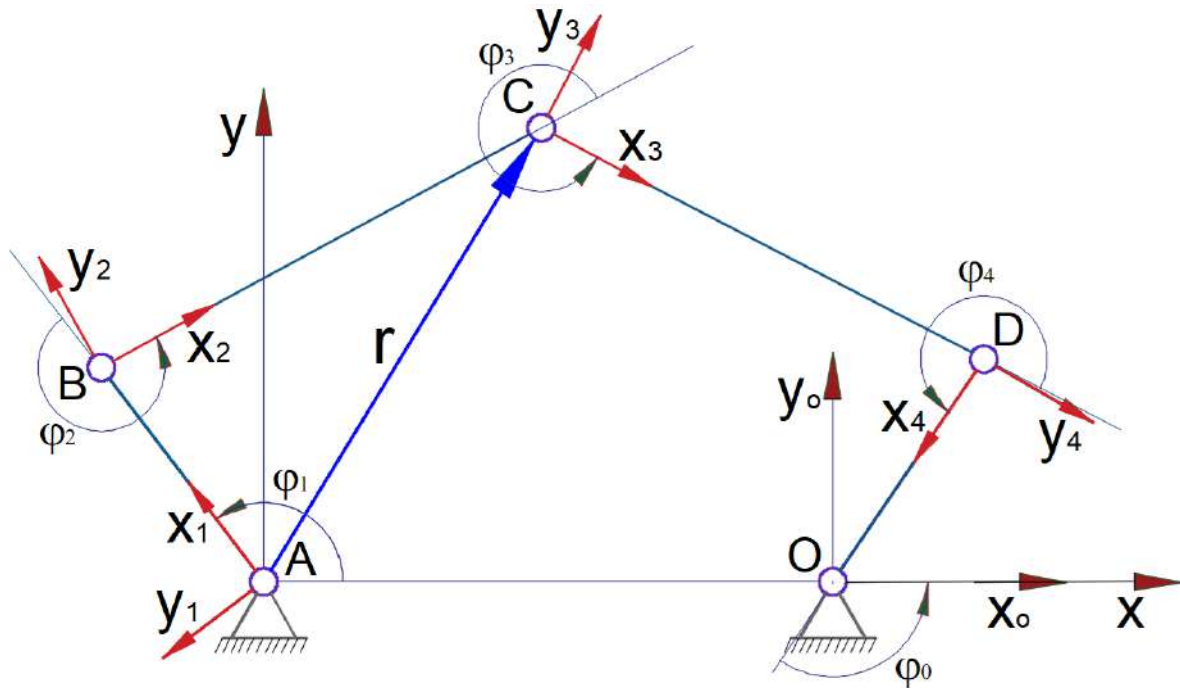


Fig. 1. The design diagram of five link mechanism.

In case when we have closed kinematic chain it is necessary that the product of matrices of transition between coupled coordination systems connected with all incoming links be equal to unit matrix

$$T^{(1,0)}T^{(2,1)}T^{(3,2)}T^{(4,3)}T^{(0,4)} = E \quad (1)$$

For simplification of calculation it is better that a part of matrices be transferred to the right part of equality. For this the right and left parts of the first equality should be multiplied on $T^{(0,1)}$ inverse matrix $T^{(1,0)}$ from the left. The same operations should be repeated for other matrices as well which we want to transfer to the right part so as to receive product of matrices of equal or differing by one number on both parts of equality. As a result we shall have

$$T^{(4,3)}T^{(0,4)} = T^{(2,3)}T^{(1,2)}T^{(0,1)} \quad (2)$$

The matrix of transfer between of two sequential $i-1$ and i plain coordinate systems will have the following general form:

$$T^{(i,i-1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ l_{i-1} & \cos \varphi_{i,i-1} & -\sin \varphi_{i,i-1} & 0 \\ 0 & \sin \varphi_{i,i-1} & \cos \varphi_{i,i-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

In our case we can reduce by one the series of matrices of transfer between neighboring links as a result of which we receive third series matrices the inverse matrices of which are equal of these matrices

$$T^{(1,0)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_0 & \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} \\ 0 & \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} \end{bmatrix}; \quad T^{(2,1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_1 & \cos \varphi_{21} & -\sin \varphi_{21} \\ 0 & \sin \varphi_{21} & \cos \varphi_{21} \end{bmatrix};$$

$$T^{(3,2)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_2 & \cos \varphi_{32} & -\sin \varphi_{32} \\ 0 & \sin \varphi_{32} & \cos \varphi_{32} \end{bmatrix}; \quad T^{(4,3)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_3 & \cos \varphi_{43} & -\sin \varphi_{43} \\ 0 & \sin \varphi_{43} & \cos \varphi_{43} \end{bmatrix};$$

$$T^{(0,4)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_4 & \cos \varphi_{04} & -\sin \varphi_{04} \\ 0 & \sin \varphi_{04} & \cos \varphi_{04} \end{bmatrix}; \quad T^{(0,1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_0 \cos \varphi_{01} & \cos \varphi_{01} & \sin \varphi_{01} \\ -l_0 \sin \varphi_{01} & -\sin \varphi_{01} & \cos \varphi_{01} \end{bmatrix};$$

$$T^{(1,2)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_1 \cos \varphi_{12} & \cos \varphi_{12} & \sin \varphi_{12} \\ l_1 \sin \varphi_{12} & -\sin \varphi_{12} & \cos \varphi_{12} \end{bmatrix}. \quad T^{(2,3)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_2 \cos \varphi_{23} & \cos \varphi_{23} & \sin \varphi_{23} \\ l_2 \sin \varphi_{23} & -\sin \varphi_{23} & \cos \varphi_{23} \end{bmatrix}.$$

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

After multiplication of these matrixes we will have

$$\begin{aligned} T^{(4,3)}T^{(0,4)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_3 & \cos \varphi_{43} & -\sin \varphi_{43} \\ 0 & \sin \varphi_{43} & \cos \varphi_{43} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_4 & \cos \varphi_{40} & -\sin \varphi_{40} \\ 0 & \sin \varphi_{40} & \cos \varphi_{40} \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_3 + l_4 \cos \varphi_{43} & \cos(\varphi_{43} + \varphi_{40}) & -\sin(\varphi_{43} + \varphi_{40}) \\ l_4 \sin \varphi_{43} & \sin(\varphi_{43} + \varphi_{40}) & \cos(\varphi_{43} + \varphi_{40}) \end{bmatrix}. \\ T^{(2,3)}T^{(1,2)}T^{(0,1)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_2 \cos \varphi_{23} & \cos \varphi_{23} & \sin \varphi_{23} \\ l_1 \sin \varphi_{23} & -\sin \varphi_{23} & \cos \varphi_{23} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_1 \cos \varphi_{12} & \cos \varphi_{12} & \sin \varphi_{12} \\ l_1 \sin \varphi_{12} & -\sin \varphi_{12} & \cos \varphi_{12} \end{bmatrix} \times \end{aligned}$$

$$\times \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_0 \cos \varphi_{01} & \cos \varphi_{01} & \sin \varphi_{01} \\ -l_0 \sin \varphi_{01} & -\sin \varphi_{01} & \cos \varphi_{01} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_2 \cos \varphi_{23} - l_1 \cos(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_0 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) \\ l_2 \sin \varphi_{23} + l_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_0 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & -\sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) \end{vmatrix}.$$

After multiplication of transfer matrices of five-link mechanism we have the following matrix equation:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ l_3 + l_4 \cos \varphi_{43} & \cos(\varphi_{43} + \varphi_{40}) & -\sin(\varphi_{43} + \varphi_{40}) \\ l_4 \sin \varphi_{43} & \sin(\varphi_{43} + \varphi_{40}) & \cos(\varphi_{43} + \varphi_{40}) \end{vmatrix} = \quad (4)$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -l_2 \cos \varphi_{23} - l_1 \cos(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_0 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) \\ l_2 \sin \varphi_{23} + l_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_0 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & -\sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) & \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) \end{vmatrix}.$$

The 4th matrix equation of five-link mechanism blockage contains full information about parameters of link motion characteristics. In order to determine relative and absolute displacement of links the respective elements of left and right parts of equation should be equated and receive system of algebraic equations the solution of which will enable to determine displacements of mechanism links. If we differentiate the system of the received equations twice according to time parameters we respectively get two systems of equations: first- for calculation of links velocities and the second – for determination of links accelerations

$$l_3 + l_4 \cos \varphi_{43} = -l_1 \cos(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_2 \cos \varphi_{23} + l_0 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23})$$

$$l_4 \sin \varphi_{43} = l_2 \sin \varphi_{23} + l_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{23}) - l_0 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}) \quad (5)$$

$$\sin(\varphi_{43} + \varphi_{40}) = -\sin(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23})$$

$$\cos(\varphi_{43} + \varphi_{40}) = \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23}).$$

Besides these equations system in order to solve the problem the condition should be added according to which the sum of internal angles of any five link is equation to 3π

$$\varphi_{01} + (\varphi_{12} - \pi) + (\varphi_{23} - \pi) + (\varphi_{34} - \pi) + \varphi_{40} = 3\pi \quad (6)$$

$$\varphi_{01} + \varphi_{12} + \varphi_{23} + \varphi_{34} + \varphi_{40} = 6\pi$$

The members of the equations having sum argument of second and third equalities of system 5 should be separated, equalities squared and summed. After transformations we get the following quadratic equation:

$$\begin{aligned} & (4l_3^2 l_0^2 \sin^2 \varphi_{40} + 4l_3^2 (l_4 - l_0 \cos \varphi_{40})) \cos^2 \varphi_{34} - 4Al_3 (l_4 - l_0 \cos \varphi_{40}) \cos \varphi_{34} + \\ & + A^2 - 4l_3^2 l_0^2 \sin^2 \varphi_{40} = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Where

$$\begin{aligned} A &= l_4^2 - l_2^2 + l_1^2 + l_0^2 - 2l_0 l_4 \cos \varphi_{40} + 2l_1 l_4 \cos \varphi'_0 - 2l_0 l_1 \cos(\varphi'_0 + \varphi_{40}) \\ \varphi'_0 &= 6\pi - \varphi_{01} - \varphi_{40}. \end{aligned}$$

Lets introduce following additional notations:

$$\begin{aligned} B &= 4l_3^2 l_0^2 \sin^2 \varphi_{40} + 4l_3^2 (l_4 - l_0 \cos \varphi_{40}), \\ C &= 4Al_3 (l_4 - l_0 \cos \varphi_{40}) \\ D &= A^2 - 4l_3^2 l_0^2 \sin^2 \varphi_{40}. \end{aligned}$$

Equation (7) is solved as follows:

$$\begin{aligned} \cos \varphi_{34} &= \frac{-C \pm \sqrt{C^2 - 4BD}}{2B} \\ \varphi_{34} &= \arccos \frac{-C \pm \sqrt{C^2 - 4BD}}{2B} \end{aligned} \quad (8)$$

From the first equation of system (5) we have:

$$\cos \varphi_{23} = \frac{l_4 \cos \varphi_{34} - l_0 \cos(\varphi_{34} + \varphi_{40}) + l_3 + l_1 \cos(\varphi'_1 - \varphi_{34})}{l_2}$$

From where angle φ_{23} is defined:

$$\varphi_{23} = \arccos \frac{l_4 \cos \varphi_{34} - l_0 \cos(\varphi_{34} + \varphi_{40}) + l_3 + l_1 \cos(\varphi'_1 - \varphi_{34})}{l_2} \quad (9)$$

In order to define angle φ_{23} we use condition (6) and get:

$$\varphi_{12} = 6\pi - \varphi_{01} - \varphi_{23} - \varphi_{34} - \varphi_{40} \quad (10)$$

After defining of all angles we can determine radius vector of C point the origin will be in A point and its value depends on two initial generalized coordinates:

$$r_C = r_C(\varphi_{01}, \varphi_{40}). \quad (11)$$

Absolute velocity of the point is determined as the first derivative of its radius vector according time:

$$\frac{dr_C}{dt} = \frac{\partial r_C}{\partial \varphi_{01}} \cdot \frac{d\varphi_{01}}{dt} + \frac{\partial r_C}{\partial \varphi_{40}} \cdot \frac{d\varphi_{40}}{dt} \quad (12)$$

In this formula:

$$\begin{aligned} \frac{\partial r_C}{\partial \varphi_{01}} = u_C; \quad \frac{\partial r_C}{\partial \varphi_{40}} = u_{C4}; \quad - \text{ are velocity analogs of point C} \quad (13) \\ \frac{d\varphi_{01}}{dt} = \omega_{01} \quad \frac{d\varphi_{40}}{dt} = \omega_{40} \quad - \text{ are angular velocities of initial links.} \end{aligned}$$

After application of theses notations we shall have:

$$V_C = u_{C1}\omega_{01} + u_{C4}\omega_{40} \quad (14)$$

In order to find the full speed it is necessary to find speed projections on axes X and Y:

$$\frac{dx_C}{dt} = \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{01}} \cdot \frac{d\varphi_{01}}{dt} + \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{40}} \cdot \frac{d\varphi_{40}}{dt} = \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{01}} \cdot \omega_{01} + \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{40}} \cdot \omega_{40} \quad (15)$$

$$\frac{dy_C}{dt} = \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{01}} \cdot \frac{d\varphi_{01}}{dt} + \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{40}} \cdot \frac{d\varphi_{40}}{dt} = \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{01}} \cdot \omega_{01} + \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{40}} \cdot \omega_{40} \quad (16)$$

$$\frac{dx_C}{dt} = \left[-l_1 \sin \varphi_{01} - l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) - \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \right] \cdot \omega_{01} + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \cdot \omega_{40} \quad (17)$$

$$\frac{dy_C}{dt} = \left[l_1 \cos \varphi_{01} + l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \right] \cdot \omega_{01} + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \cdot \omega_{40} \quad (18)$$

Full acceleration of point C is determined using the formula of arbitrary point mechanical system of many degrees of freedom:

$$\vec{a}_C = \frac{d^2 \vec{r}_C}{dt^2} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \vec{r}_C}{\partial q_i} \ddot{q}_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 \vec{r}_C}{\partial q_i \partial q_j} \dot{q}_i \dot{q}_j \quad (19)$$

When the system has two degrees of freedom we have:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial \vec{r}_C}{\partial q_i} \ddot{q}_i = \frac{\partial \vec{r}_C}{\partial q_1} \ddot{q}_1 + \frac{\partial \vec{r}_C}{\partial q_2} \ddot{q}_2$$

Projections of acceleration of point C on coordination axes are written as:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 \vec{r}_C}{\partial q_i \partial q_j} \dot{q}_i \dot{q}_j = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{\partial^2 r}{\partial q_i \partial q_1} \dot{q}_i \dot{q}_1 + \frac{\partial^2 r}{\partial q_i \partial q_2} \dot{q}_i \dot{q}_2 \right) = \frac{\partial^2 r}{\partial q_1^2} \dot{q}_1^2 + 2 \frac{\partial^2 r}{\partial q_1 \partial q_2} \dot{q}_1 \dot{q}_2 + \frac{\partial^2 r}{\partial q_2^2} \dot{q}_2^2 \quad (20)$$

After necessary substitutions we receive acceleration determining final formulas:

$$\frac{d^2 x_C}{dt^2} = \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{01}} \varepsilon_{01} + \frac{\partial x_C}{\partial \varphi_{40}} \varepsilon_{40} + \frac{\partial^2 x_C}{\partial \varphi_{01}^2} \omega_{01}^2 + \frac{\partial^2 x_C}{\partial \varphi_{01} \partial \varphi_{40}} \omega_{01} \omega_{40} + \frac{\partial^2 x_C}{\partial \varphi_{40}^2} \omega_{40}^2 \quad (21)$$

$$\frac{d^2 y_C}{dt^2} = \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{01}} \varepsilon_{01} + \frac{\partial y_C}{\partial \varphi_{40}} \varepsilon_{40} + \frac{\partial^2 y_C}{\partial \varphi_{01}^2} \omega_{01}^2 + \frac{\partial^2 y_C}{\partial \varphi_{01} \partial \varphi_{40}} \omega_{01} \omega_{40} + \frac{\partial^2 y_C}{\partial \varphi_{40}^2} \omega_{40}^2 \quad (22)$$

$$\frac{d^2 x_C}{dt^2} = \left[-l_1 \sin \varphi_{01} - l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) - \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \right] \varepsilon_{01} + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \varepsilon_{40} -$$

(23)

$$\begin{aligned} & - \left(l_1 \cos \varphi_{01} + l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(1 + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} \right)^2 - l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}^2} \right) \omega_{01}^2 - \\ & - \left(l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(1 + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} \right) \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} + l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01} \partial \varphi_{40}} \right) \omega_{01} \omega_{40} - \\ & - \left(l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(\frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} \right)^2 + l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}^2} \right) \omega_{40}^2 \\ & \frac{d^2 y_C}{dt^2} = \left[l_1 \cos \varphi_{01} + l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \right] \varepsilon_{01} + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \varepsilon_{40} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - \left(l_1 \sin \varphi_{01} + l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(1 + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} \right)^2 - l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}^2} \right) \omega_{01}^2 - \\ & - \left(l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(1 + \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01}} \right) \frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} - l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{01} \partial \varphi_{40}} \right) \omega_{01} \omega_{40} - \\ & - \left(l_2 \sin(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \left(\frac{\partial \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}} \right)^2 - l_2 \cos(\varphi_{01} + \varphi_{12}) \frac{\partial^2 \varphi_{12}}{\partial \varphi_{40}^2} \right) \omega_{40}^2 \end{aligned} \quad (24)$$

Conclusion

The carrying out of examination of planar five link linkage with two degrees of freedom was shown that the solution of analysis task of mentioned mechanisms with given conditions by usage of the system of equations of motion of input links would obtain large number of connecting rod curves that can be successfully used for different practical aims. The said feature of five link mechanisms could be used as for investigations of said mechanical systems as well for preliminary receipt of the law of motion of actuators installed in the centers of rotation of input links.

References:

1. I.I.Artoilevski Theory of mechanism and machines. Moscow: Science, 1974 – 640p. (In Russian).
2. D.C.Tavkhelidze, N.S.Davitashvili The theoretical basis of design of planar and spherical multilink lever mechanisms. Tbilisi: Metsniereba, 1975. 208p. (In Russian).
3. N.S.Davitashvili Die bankurven von fünfgliedrigen gelenkgetrieben//Archiwum budawg maszyn. T.XXXI, Zeszyt 4, 1979, s.489-509 (In Germany).
4. N.Davitashvili, D.Tavkhelidze Synthesis of controlled five bar mechanism with two degrees of freedom according to predetermined motion of input links. Tbilisi.

**ორი თავისუფლების ხარისხის მქონე ხუთრგოლა ბერკეტული მექანიზმის კინემატიკა
ზურაბ მჭედლიშვილი
რეზიუმე**

სტატია ეძღვნება ორი თავისუფლების ხარისხის მქონე ხუთრგოლა ბერკეტული მექანიზმის კინემატიკური პარამეტრების განსაზღვრას ანალიზური მეთოდის გამოყენებით. მოცემული ამოცანის ამოხსნა ძალზედ საჭიროა შემსრულებელი მექანიზმების კინემატიკური პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით. ამოცანა შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად. პირველ ნაწილში განიხილება ამოცანა, როდესაც საჭიროა განისაზღვროს გამავალი რგოლის მდებარეობები, სიჩქარეები და აჩქარებები როდესაც ცნობილია საწყისი მექანიზმების მობრუნების კუთხეები, კუთხური სიჩქარეები და აჩქარებები. ხოლო მეორე ნაწილში განიხილება საკითხი, როცა მოცემულია გამავალი რგოლის კოორდინატები და ჩნდება აუცილებლობა განისაზღვროს შემავალი რგოლების მობრუნების კუთხეები. ჩვენს შემთხვევაში განიხილება მხოლოდ ამოცანის პირველი ნაწილი. მექანიზმი შესდგება ხუთი ბრუნვითი მეხუთე კლასის კინემატიკური წყვილისაგან, რომელთაგანაც ორი დაკავშირებულია სადგართან ელექტროამძრავების მეშვეობით. მოცემული ამოცანის ამოხსნა დაფუძნებულია ერთგვაროვანი კოორდინატების გამოყენებაზე. მიღებული განტოლებების საფუძველზე შეიძლება გაანგარიშებული იყოს, როგორც გამავალი რგოლის მოძრაობის ტრაექტორიები, სიჩქარეები და აჩქარებები აგრეთვე მექანიზმის რგოლების მობრუნების კუთხეები კუთხური სიჩქარეები და აჩქარებები, შემავალი რგოლების წინასწარ მოცემული კინემატიკური პარამეტრების მიხედვით.

**Кинематика пятизвенного рычажного механизма с двумя степенями свободы
Зураб Мчедlishvili
Резюме**

Статья посвящена решению прямой кинематической задачи пятизвенного рычажного механизма и с двумя степенями свободы. Решение указанной задачи очень важна для определения кинематических параметров исполнительных механизмов. Задачу можно разделить на две части. В первой части рассматривается задача, Когда заданы углы поворота, угловые скорости и ускорения входных звеньев механизма и надо определить положения выходного звена, его скорости с ускорения, а во второй части задачи рассматривается вопрос, когда заданы координаты выходного звена механизма его скорости и ускорения и возникает необходимость определения углов поворота и угловых скоростей и ускорении входных звеньев механизма. В нашем случае рассматривается только первая часть задачи (прямая задача). При этом считается, что механизм состоит только из пяти вращательных кинематических пар пятого класса и в месте соединения стойки с начальными звеньями исследуемого механизма расположены электрические движители. Решение указанной задачи основано на использовании однородных координат. На основе полученных уравнений движения могут быть вычислены как траектории движения выходного звена, так и его скорости и ускорения, а так же углы поворотов, угловые скорости и ускорения звеньев механизма с учетом предварительно заданных кинематических параметров входных звеньев механизма.

Исследование динамики гипоциклического механизма при наличии в шарнире зубчатого колеса трения скольжения

Мchedlishvili Зураб*, Тедиашвили Лия**, Элердашвили Ирма***

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

** *Грузинский технический университет, факультет транспортных систем и механики инженерии, департамент механики инженерии и производственных технологий, асоциированный профессор;*

*** *Грузинский технический университет, факультет транспортных систем и механики инженерии, департамент механики инженерии и производственных технологий, асоциированный профессор*

(Грузинский Технический Университет, ул. М. Костава №71, Тбилиси, 0175, Грузия)

Резюме:

В статье представлено динамическое решение гипоциклического механизма с шестерней, находящегося во внутреннем зацеплении с неподвижным наружным колесом. Геометрические особенности траектории этого механизма позволяют применять этот механизм в машинах, обеспечивающих технологические процессы, для которых иногда необходимы незначительные колебания ведомого звена на этапе остановки. Механизмы такого типа применяются в текстильной промышленности, где при обработке какого-нибудь материала требуется чтобы исполнительный орган мог совершать незначительные колебания относительно временного положения.

Ключевые слова:

механизм, циклоида, зубчатое колесо, скорость, ускорение, момент.

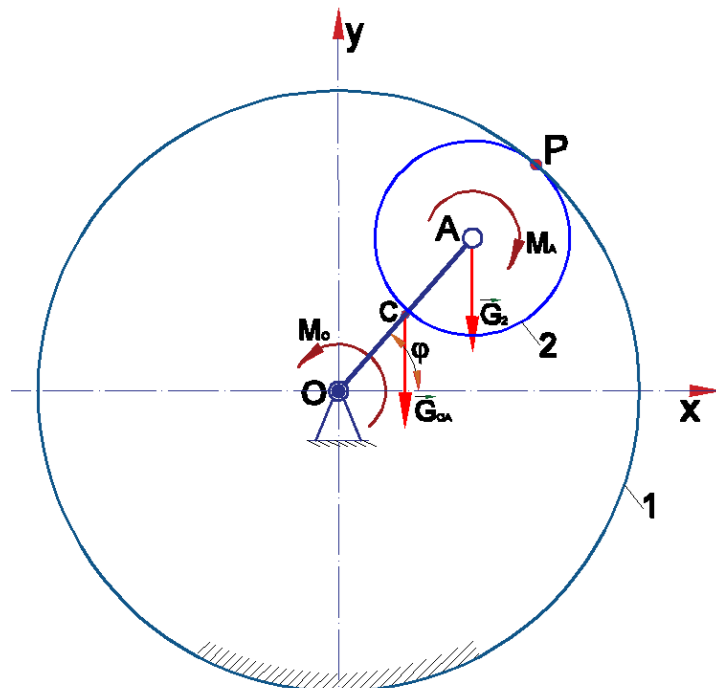
Основная часть

Кривошип ОА вращается под действием приложенного к точке О момента M_O , через кривошип приводится в движение однородное колесо 2 с массой m_2 которое катится по внутренней поверхности колеса 1. Надо определить ускорение получаемое кривошипом под действием приложенных к механизму внешних сил и сил трения приложенного в шарнире А зубчатого колеса 2. Механизм имеет одну степень свободы т.е. его положение определяется одной обобщенной координатой.

Для решения поставленной задачи надо воспользоваться уравнением Лагранжа второго рода. Уравнение Лагранжа для обобщенной координаты φ имеет вид:

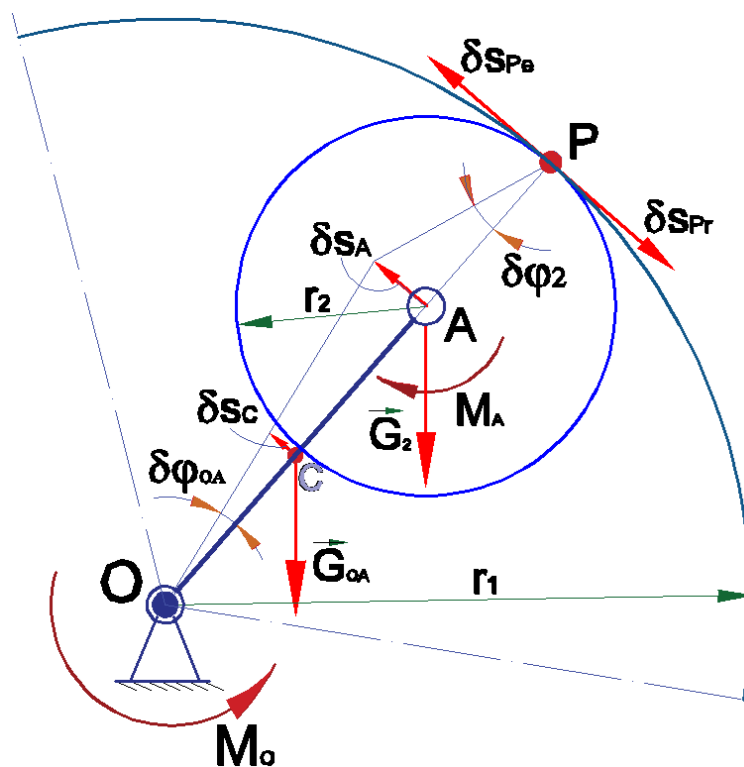
$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi} \quad (1)$$

Активными силами являются $G_{OA} = m_{OA} \cdot g$ – сила тяжести кривошипа, $G_2 = m_2 \cdot g$ – сила тяжести колеса 2, M_O – вращающий момент приложенный к кривошипу ОА, в шарнире А действует момент сил сопротивления M_A .



რის. 1.

Для определения обобщенной силы вычислим сумму работ всех перечисленных сил действующих на механизм на элементарном возможном перемещении $\delta\varphi$, на которую воображаемо поворачивается кривошип OA в сторону возрастания угла φ .



რის. 2.

выражение для работы выглядит следующим образом:

$$\delta A = M_O \cdot \delta\varphi - G_{OA} \cdot |OC| \cdot \cos\varphi \delta\varphi - G_2 \cdot |OA| \cdot \cos\varphi \delta\varphi - M_A \cdot \delta\varphi_2 ; \quad (2)$$

Длина кривошипа определяется по формуле:

$$OA = OP - AP = r_1 - r_2; \quad (3)$$

Находим также положение центра тяжести кривошипа:

$$OC = \frac{OA}{2} = \frac{r_1 - r_2}{2} \quad (4)$$

Возможное перемещение любой точки колеса 2 можно записать в виде:

$$\delta s_a = \delta s_e + \delta s_r \quad (5)$$

Эта формула для мгновенного центра скоростей Р принимает вид:

$$0 = \delta s_{Pe} + \delta s_{Pr} \quad (6)$$

$$-\delta s_{Pe} = \delta s_{Pr} \quad (7)$$

Так как

$$\delta s_{Pr} = |\delta \varphi_2| \cdot AP = r_2 \cdot |\delta \varphi_2| \quad (8)$$

$$\delta s_{Pe} = OA \cdot |\delta \varphi| = (r_1 - r_2) \cdot \delta \varphi \quad (9)$$

То после приравнивания правых частей этих уравнений получим:

$$-(r_1 - r_2) \cdot \delta \varphi = r_2 \cdot \delta \varphi_2 \quad (10)$$

$$\delta \varphi_2 = -\frac{\delta s_A}{r_2} = -\frac{(r_1 - r_2) \cdot \delta \varphi}{r_2} \quad (11)$$

Работа момента сил трения в шарнире А будет:

$$\delta A(M_A) = -M_A \cdot \frac{(r_1 - r_2)}{r_2} \delta \varphi \quad (12)$$

Учитывая это, сумма работ всех сил приложенных к механизму на элементарных возможных перемещениях определится с помощью выражения:

$$\begin{aligned} \delta A = M_O \cdot \delta \varphi - G_{OA} \cdot \frac{r_1 - r_2}{2} \cdot \cos \varphi \delta \varphi - \\ - G_2 \cdot (r_1 - r_2) \cdot \cos \varphi \delta \varphi - M_A \cdot \frac{(r_1 - r_2) \cdot \delta \varphi}{r_2} \end{aligned} \quad (13)$$

Отсюда найдем обобщенную силу путем деления этого выражения на $\delta \varphi$, после чего получим:

$$\begin{aligned} Q_\varphi = M_O - G_{OA} \cdot \frac{r_1 - r_2}{2} \cdot \cos \varphi - \\ - G_2 \cdot (r_1 - r_2) \cdot \cos \varphi - M_A \cdot \frac{(r_1 - r_2)}{r_2} \end{aligned} \quad (14)$$

Исходя из того что в состав механизма входят подвижные звенья, кривошип ОА и зубчатое колесо то полная кинетическая энергия определяется по формуле:

$$T = T^{(1)} + T^{(2)} \quad (15)$$

Кривошип ОА вращается вокруг оси О и его кинетическая энергия определяется формулой:

$$T^{(1)} = \frac{1}{2} J_O \dot{\varphi}^2 \quad (16)$$

Где

$$J_O = \frac{1}{3} m_{OA} \cdot OA^2 = \frac{1}{3} m_{OA} \cdot (r_1 - r_2)^2 \quad (17)$$

Есть момент инерции кривошипа и после его подстановки в формуле (16)

Получим:

$$T^{(1)} = \frac{1}{6} m_{OA} \cdot (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 \quad (18)$$

Кинетическая энергия зубчатого колеса 2 – совершавшего плоское движение равна:

$$T^{(2)} = \frac{1}{2} m_2 v_A^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 \quad (19)$$

Сдесь сперва надо определить скорость центра вращения колеса, которая является и концом кривошипа ОА:

$$v_A = OA \cdot |\dot{\varphi}| = (r_1 - r_2) \cdot |\dot{\varphi}| \quad (20)$$

Чтобы определить угловую скорость звена 2 рассмотрим скорость той же точки А, принадлежащей зубчатому колесу по отношению к мгновенному центру скоростей Р колеса

$$v_A = AP \cdot \omega_2 = r_2 \cdot \omega_2 \quad (21)$$

Из этого получим:

$$\omega_2 = \frac{(r_1 - r_2)}{r_2} \cdot |\dot{\varphi}| \quad (22)$$

Момент инерции зубчатого колеса 2 вычисляется по формуле:

$$J_A = \frac{1}{2} m_2 \cdot r_2^2 \quad (23)$$

Полное выражение для кинетической энергии колеса 2 запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned} T^{(2)} &= \frac{1}{2} m_2 \cdot ((r_1 - r_2) \cdot |\dot{\varphi}|)^2 + \frac{1}{4} m_2 \cdot r_2^2 \cdot \omega_2^2 = \\ &= \frac{1}{2} m_2 \cdot ((r_1 - r_2) \cdot |\dot{\varphi}|)^2 + \frac{1}{4} m_2 \cdot r_2^2 \cdot \left(\frac{(r_1 - r_2)}{r_2} \cdot |\dot{\varphi}| \right)^2 = \\ &= \frac{1}{2} m_2 \cdot (r_1 - r_2)^2 |\dot{\varphi}|^2 + \frac{1}{4} m_2 \cdot (r_1 - r_2)^2 |\dot{\varphi}|^2 = \\ &= \frac{3}{4} m_2 \cdot (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 \end{aligned} \quad (24)$$

После подстановки выражении (18) и (24) в формулу (15) получим выражение описывающее полную кинетическую энергию механизма:

$$\begin{aligned} T &= T^{(1)} + T^{(2)} = \frac{1}{6} m_{OA} \cdot (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{3}{4} m_2 \cdot (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 = \\ &= \left(\frac{1}{6} m_{OA} + \frac{3}{4} m_2 \right) (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 = \frac{2m_{OA} + 9m_2}{12} (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi}^2 \end{aligned} \quad (25)$$

После этого вычисляем частную производную кинетической энергии Т по обобщенной скорости $\dot{\varphi}$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{2m_{OA} + 9m_2}{6} (r_1 - r_2)^2 \cdot \dot{\varphi} \quad (26)$$

и возьмем производную полученного результата по времени:

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{2m_{OA} + 9m_2}{6} (r_1 - r_2)^2 \cdot \ddot{\varphi} \quad (27)$$

Заметим, что полная кинетическая энергия системы выраженная формулой (18) не зависит от обобщенной координаты φ , исходя из чего получаем:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0 \quad (28)$$

После подстановки выражений (19), (20) и (21) в уравнение Лагранжа (1) получим дифференциальное уравнение движение механизма для обобщенной координаты φ :

$$\frac{2m_{OA}+9m_2}{6}(r_1-r_2)^2 \cdot \ddot{\varphi} = M_O - G_{OA} \cdot \frac{r_1-r_2}{2} \cdot \cos\varphi - \\ - G_2 \cdot (r_1-r_2) \cdot \cos\varphi - M_A \cdot \frac{(r_1-r_2)}{r_2} \quad (29)$$

Откуда определяется искомое ускорение кривошипа ОА

$$\ddot{\varphi} = \frac{M_O}{\frac{2m_{OA}+9m_2}{6}(r_1-r_2)^2} - \frac{3G_{OA}\cos\varphi}{(2m_{OA}+9m_2)(r_1-r_2)} - \frac{6G_2\cos\varphi}{(2m_{OA}+9m_2)(r_1-r_2)} - \\ - \frac{6M_A}{r_2(2m_{OA}+9m_2)(r_1-r_2)} \quad (30)$$

Равномерное вращение кривошипа происходит при условии:

$$M_O = \frac{1}{2}G_{OA}\cos\varphi \cdot (r_1-r_2) + G_2 \cdot \cos\varphi(r_1-r_2) + \frac{1}{r_2}M_A(r_1-r_2) = \\ = \cos\varphi \cdot (r_1-r_2) \left(\frac{1}{2}G_{OA} + G_2 \right) + \frac{1}{r_2}M_A(r_1-r_2) = \\ = \left[\left(\frac{1}{2}G_{OA} + G_2 \right) \cos\varphi + \frac{M_A}{r_2} \right] \cdot (r_1-r_2) \quad (31)$$

Заклучение

В статье рассмотрено динамическое решение гипоциклического планетарного механизма когда его сателлит находится во внешнем зацеплении с неподвижным наружным колесом. Конструктивные особенности механизма позволяют использовать этот механизм в машинах, обеспечивающих технологические процессы, для которых на этапе остановки иногда требуются незначительные колебания ведомого звена. Механизмы такого типа используются в текстильной промышленности, где при обработке материала требуется, чтобы исполнительный орган мог совершать незначительные колебания относительно временного положения. В данной работе проводится исследование динамики такого механизма и в результате выводятся формулы для определения ускорении ведущего звена и крутящего момента приложенного к этому звену при его равномерном движении.

Литература:

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. / И.И. Артоболевский. - М.: Альянс, 2016. - 640 с.
2. Борисенко, Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов: Учебное пособие / Л.А. Борисенко. - М.: НИЦ Инфра-М, Нов. знание, 2013. - 285 с.

3. Коловский, М.З. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов, А.В. Слоущ. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 560 с.
4. Мкртычев, О.В. Теория механизмов и машин: Практ. / О.В. Мкртычев. - М.: Вузовский учебник, 2019. - 320 с.
5. Смелягин, А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие / А.И. Смелягин. - М.: Инфра-М, 2018. - 320 с.
6. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин: Учебное пособие для бакалавров / Г.А. Тимофеев. - М.: Юрайт, 2013. - 351 с.
7. Фролов, К.В. Теория механизмов и механика машин. Т.5. Механика в техническом университете / К.В. Фролов. - М.: МГТУ, 2012. - 686 с.
8. Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин. Учебно-методическое пособие / В.П. Чмиль. - СПб.: Лань, 2012. - 288 с.

**Study of the dynamics of the hypocyclic mechanism in the presence of
sliding friction in the gear joint**

Mchedlishvili Zurab, Tediashvili Lia, Elerdashvili Irma

Abstract

The article presents a dynamic solution of a hypocyclic mechanism with a gear, which is in internal engagement with a sliding outer wheel. Geometric features the trajectory of the mechanism allows use of this type of mechanisms in machines, which provide such kind technological processes where slight fluctuations of the driven links sometimes are necessary at the extreme position of the system. Mechanisms of this type are used in the light industry, where the processing of any tissue requires slight fluctuations of the executive body at the temporary position.

**ჰიპოციკლოიდური მექანიზმის დინამიკის კვლევა, როცა მისი კბილა თვალის
სახსარში მოქმედებს ხახუნის ძალები**

**მჭედლიშვილი ზურაბი, თედიაშვილი ლია, ელერდაშვილი ირმა
რეზიუმე**

სტატიაში წარმოდგენილია სატელიტური პლანეტალური მექანიზმის დინამიკური კვლევა, რომელიც იმყოფება შიდა მოდებში უძრავ გარე კბილა თვალთან. მექანიზმის ტრაექტორიის თავისებურებები საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნეს ეს მექანიზმი მანქანებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტექნოლოგიურ პროცესებს, რომელთათვისაც საჭიროა მიმდინარე რგოლის მცირე რხევები გაჩერების ეტაპებზე. ასეთი ტიპის მექანიზმები გამოიყენება ტექსტილურ წარმოებაში, სადაც ქსოვილის დამუშავებისას მოითხოვება შემსრულებელი ორგანოს მცირე რხევების დაშვება მექანიზმის დროებითი გაჩერებების დროს.

კომპლექსური შენადნობების მიღება დაბალთიხამიწის შემცველი მანგანუმის ნარჩენიდან და მაღალნაცრიანი ნახშირიდან

თამაზ ბუჩუკური*, თამარ ცერცვაძე**, თამარ წილოსანი***,
ნინო კენჭიაშვილი****

*მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
სტუ, ასოცირებული პროფესორი, ელ. ფოსტა: t.buchukuri@gtu.ge;

**მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
სტუ, ასოცირებული პროფესორი, ელ. ფოსტა: t.sertsvadze@gtu.ge;

***მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
სტუ, ასოცირებული პროფესორი, ელ. ფოსტა: tsilosanitamari04@gtu.ge;

****მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
სტუ, მოწვეული ასოცირებული პროფესორი, ელ. ფოსტა: n.kenchiashvili@gtu.ge

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას №69, 0160, თბილისი,
საქართველო)

რეზიუმე:

ნაშრომში მოყვანილია თეორიული და ტექნოლოგიური კვლევების შედეგები - ალუმინ-სილიციუმ-მანგანუმის (Al,Si,Mn)-ის შემცველი შენადნობის მიღების, დაბალთიხამიწიანი მანგანუმის შემცველი ნარჩენიდან მაღალნაცრიანი ტყიბულის ნახშირების და წვრილდისპერსიული კირის ნარჩენის გამოყენებით. ჩამოთვლილი საკაზმე მასალებიდან ხდებოდა ბრიკეტების დამზადება და წარმოებული ბრიკეტების მადანთერმულ ღუმელში გადადნობის შედეგად კომპლექსური შენადნობის მიღება, რომლის ქიმიური შედგენილობა იყო შემდეგნაირი მასა %-ში:

Mn-32,0-42,0;	P - 0,02 ÷ 0,08;
Al - 10,0 ÷ 14,0;	C - 0,30 ÷ 0,60;
Si-6,0-8,0;	
Fe-20,0-84,0;	

საკვანძო სიტყვები:

შენადნობი, მადანთერმული ღუმელი, ბრიკეტი, გრადიენტი, პასკალი, ქიმიური ანალიზი, კომპლექსური, თხევადი მინა, ტიგელი, თუჯის კოკილი.

შესავალი

დღესდღეობით, როდესაც შექმნილი საგანგებო ეკოლოგიური მდგომარეობა მსოფლიოს ყურადღების ცენტრშია, დედამიწაზე ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებით და ეკოსისტემის შეცვლით ტარდება უამრავი კონფერენცია თუ სამთავრობო შეკრება ამ პრობლემის მოსაგვარებლად. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი სამუშაოების შესრულებას, რაც თავის მხრივ გარკვეულ წვლილს შეიტანს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების თვალსაზრისით. კერძოდ, გაუმჯობესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა

რეგიონის, სადაც დასაწყობებულია ეს მასალა, რომლის გადამუშავება ხელს შეუწყობს წყლისა და ჰაერის გასუფთავებას, რაც თავის მხრივ წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება ჩვენი რეგიონისათვის.

ძირითადი ნაწილი

საწარმოო ნარჩენების ათვისება და გადამუშავება წარმოადგენს ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას თანამედროვე მეტალურგიაში. ნარჩენების ათვისება და გადამუშავება აფართოებას მეტალურგიის წარმოებისათვის სამომხმარებლო ბაზას, ხელს უწყობს ახალი ტექნოლოგიების დანერგვას ამ სფეროში და ბოლოს დადებითად მოქმედებს ამ რეგიონის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. [1-4] სამუშაოებში შემუშავებულია კომპლექსური შენადნობების მიღების ტექნოლოგიები საწარმოო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ბაზაზე. ათვისებულია და დამუშავებულია ახალი ტექნოლოგიები სხვადასხვა ნარჩენების გამოყენებით, რაც ხელს უწყობს ახალი მეტალურგიული პროდუქციის წარმოქმნას და მის გამოყენებას ფოლადის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს მეტალურგიული წარმოების ნარჩენების ათვისება და გადამუშავება, შედეგად კომპლექსური შენადნობების მიღება რომელიც შემდგომ გამოყენებული იქნება ფოლადის განჟანგვისა და ლეგირებისათვის მისი ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით. ამ მიზნით ძირითადად საკაზმე მასალად შერჩეული იქნა ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ნარჩენი FeMn წარმოების მტვერი, რომელიც გროვდება აირგამწმენდ ფილტრებში გაწმენდის - სველი მეთოდით. ხოლო შემდგომ ის შლამის (ტლაპო) სახით საწყობდება ქარხნის შემოგარენში. გარკვეული დროის შემდეგ ამ მასალიდან ხდება ტენის აორთქლება, რაც ძალიან ცუდად მოქმედებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. წვიმისა და თოვლის მეშვეობით ხდება მისი ჩარეცხვა, რაც ახლომდებარე ნიადაგს და წყალს უქმნის მოწამვლის საშიშროებას, ამიტომ მის ათვისებას და გადამუშავებას ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. დასაწყობებული ადგილიდან აღებულ მასალას, რომელსაც ჩაუტარდა ანალიზი მასა%-ში შემდეგნაირად გამოიყურება. FeMn -ის მტვერი შეიცავს:

Mn-42%; MnO₂-18,80; SiO₂ -10,50; P – 0,2; დანარჩენი FeO.

ნახშირის ტექნიკური ანალიზი შეიცავს: ნაცარს 30 ÷ 32%; აქროლადები 32,0 ÷ 34,0%; სინესტე 30,0 ÷ 31,0%;

ნახშირის ნაცარი, რომლის აღმდგენელად გამოყენებული გვექნება მაღალნაცარიანი ტყიბულის ნახშირის დაწვის შედეგად მიღებული პროდუქტი. საფლუსე დანამატად ვიყენებდით კირის წარმოების წვრილდისპერსიულ ნარჩენს შემდეგი ქიმიური შედგენილობით მასა%-ში.

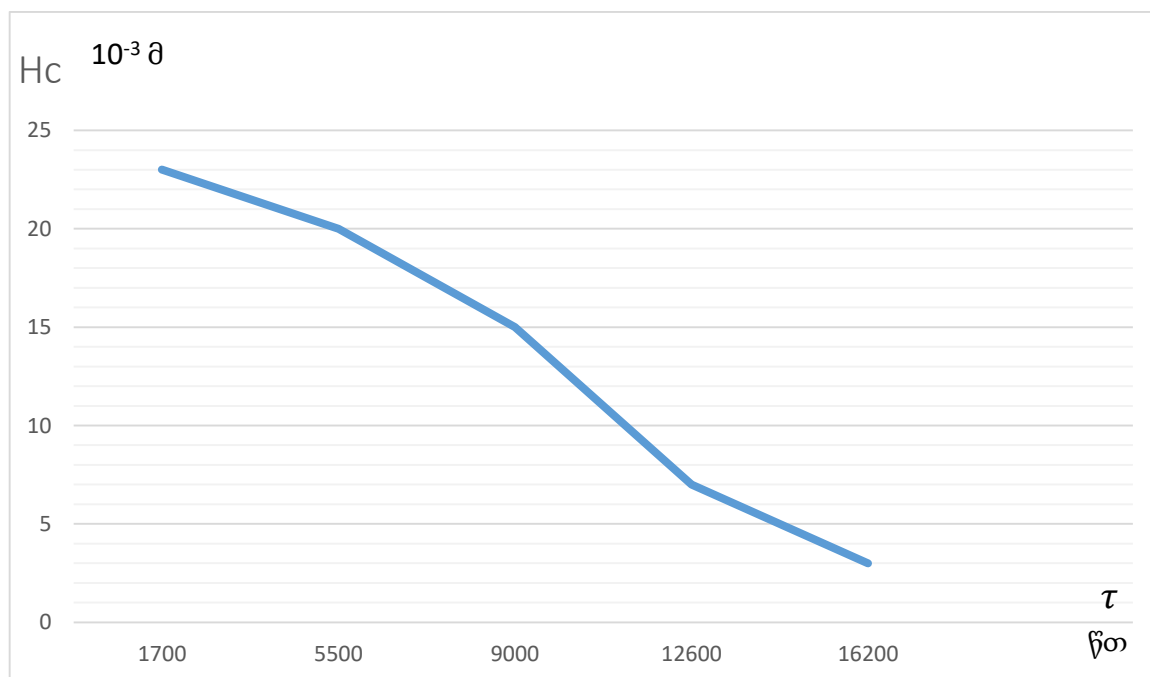
SiO₂-2,80; CaO-82,0%; MgO-3,50%; Al₂O₃-0,50%; FeO-0,60; P₂O₅-0,10; დანარჩენი CO₂.

ყოველგვარი მომზადების, გამოშრობის გარეშე ზემოთ ჩამოთვლილი მასალებიდან ვახდენდით ბრიკეტების დამზადებას ლაბორატორიულ პირობებში შემდეგი პროცენტული შემადგენლობით.

1. FeMn - მაღალნაცრიანი მტვერი - (45-50) %;
2. მაღალნაცრიანი ნახშირის ნაცარი - (45-48)%
3. წვრილდისპერსიული კირის ნარჩენი - (2-10)%.

ბრიკეტების დამზადებისას ლაბორატორიულ პირობებში შემკვრელად გამოყენებული იყო ბარიუმის ბარდის სულფატი. ბრიკეტების დამზადება ხდებოდა ბრიკეტპრესზე ცილინდრულ პრეს ფორმებში, რომლის სიმაღლე და დიამეტრი შეადგენდა 40მმ- ს 25 მმ. დაწნეხვის წნევა პრესზე შეადგენდა (20-2)5 მ.პა, შემკვრელი ხარჯი შეადგენდა კაზმის მასის 5-10%-ს.

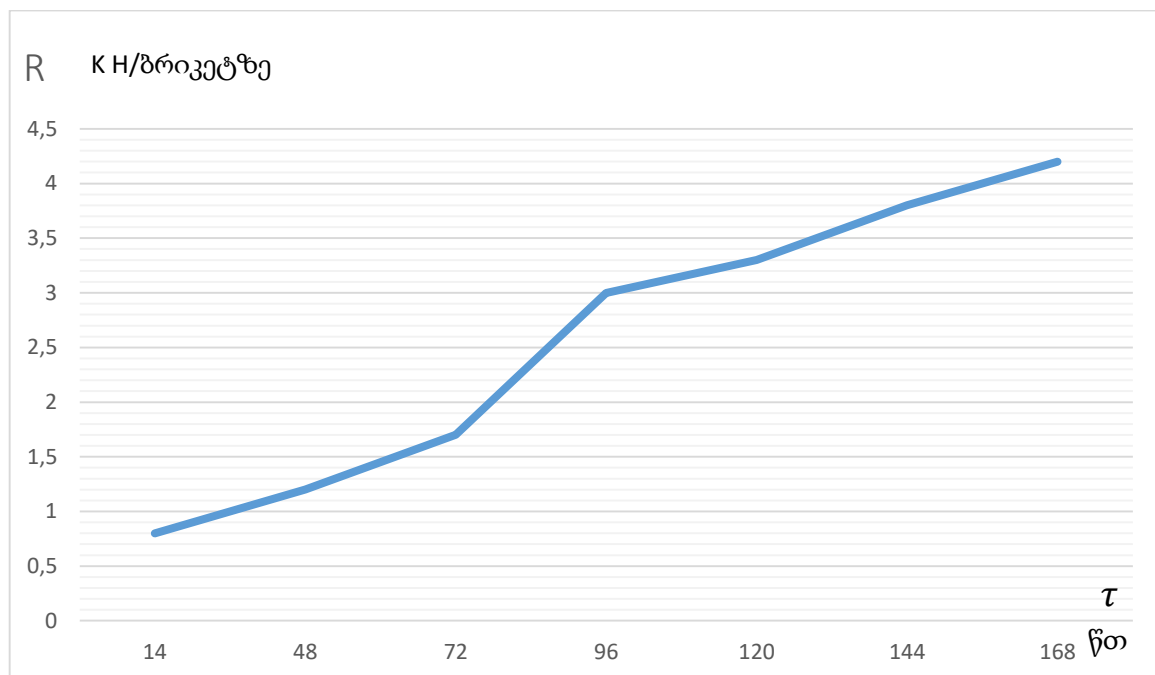
შემკვრელის ხარისხის შეფასება ხდებოდა მარანგონის ეფექტით, რაც ნიშნავს, სითხის გაშლას მცირე ზედაპირული დაჭიმულობით C_6H_5OH (ეთილის სპირტი) სითხის მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობის ფლუატაციური ხსნარის. კვლევის ამ ეფექტში გულისხმობენ ზედაპირული ფენების მოძრაობას, რომელიც გამოწვეულია ზედაპირული დაჭიმულობის გამომწვევი გრადიენტით, როდესაც სპირტის წვეთი მოხვდება ფლუატაციური ხსნარის აფსკზე გაშლა ხდება პრაქტიკულად წამიერად ხსნარის ნებისმიერი კონცენტრაციისათვის. სპირტის აორთქლების შემდეგ აფსკის აღდგენა თითქმის არ ხდება. შემკვრელის აფსკი 15-20% კონცენტრაციისას არ იშლება და რჩება სტაბილური. ბრიკეტის სიმტკიცის პროცესის დინამიკის შეფასება ხდებოდა ბრიკეტში სტანდარტული ნემსის ($d=1\text{მმ}$) შეღწევის სიღრმესში HB-2 ხელსაწყოზე დაფიქსირებით. კაზმის შემადგენლობა და ნემსის ბრიკეტში შეღწევის დამუშავებული ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ნახ. 1.



ნახ.1. H_c და შემდეგ (τ , წმ) ნემსის ბრიკეტში შეღწევის დამოკიდებულება ბრიკეტში გამოშრობის შემდეგ.

ნახ. 1. სტანდარტული ნემსის შეღწევის დამოკიდებულება H მმ ბრიკეტში გამოშრობის შემდეგ (τ , წმ), როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს ჩვეულებრივ ატმოსფეროში ბრიკეტის გამყარების მაქსიმალური დრო შეადგენს 16200წმ.

მიღებული ბრიკეტების სიმტკიცის შეფასება ხდებოდა ბრიკეტის წინაღობის გაჭყლეტვაზე, რომლის შედეგები მოყვანილია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. (R) დამოკიდებულება ბრიკეტის ჰაერზე შრომის ხანგრძლივობაზე (τ, წმ).

ექსპერიმენტის შედეგები დამუშავებული იქნა მრავალჯერადი კორელაციის ანალიზით. დაწნევის პირობებში მიღებული ბრიკეტების გაშრობა ხდებოდა ჩვეულებრივ ატმოსფერულ პირობებში. გამოშრობილი ბრიკეტები საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში ინარჩუნებენ პირვანდელ ფორმას, არ ფხვიერდებოდნენ და რაც მთავარია სიმტკიცეზე ინარჩუნებენ პირვანდელ შედეგებს.

მიღებული ბრიკეტების გადადნობა ხდებოდა მადანთერმულ ლუმელში, რომელშიც თავსდებოდა ტიგელი ბრიკეტებით, როდესაც ლუმელის ტემპერატურა აღწევდა 1300-1500° C ხდებოდა ბრიკეტების გადნობა და გადასვლა თხევად მდგომარეობაში. გარკვეული დაყოვნების შემდეგ, როდესაც ლუმელის ტემპერატურა მიაღწევდა 1400-1450° C ხდებოდა ლუმელის გამორთვა ქსელიდან და მიღებული ლღობილის გადმოსხმა თუჯისგან დამზადებულ კოკილებში, სადაც ხდებოდა ლითონის და წილის განშრევება და გადასვლა მყარ მდგომარეობაში. გაციების შემდეგ ლითონი და წიდა ადვილად სცილდებიან ერთმანეთს. მიღებული ლითონი შემდეგი ქიმიური შედგენილობისაა მასა %-ში:

$$\begin{aligned} Mn - 32,0 \div 28,80 \% ; \quad Si - 6,0 \div 8,0\% ; \quad Al - 10,0 \div 14,0\% ; \\ Fe - 20,0 \div 24,0 \% . \quad P - 0,02 \div 0,08 \% . \quad C - 0,3 \div 0,60 \% . \end{aligned}$$

ლითონის გამოსავალმა შეადგინა 35 ÷ 40%; მიღებული შენადნი ხასიათდება ლითონური შეფერილობით, ადვილად იმსხვრევა, შენახვის დროს არ ფხვიერდება და ინარჩუნებს თავის პირვანდელ ფორმას.

დასკვნა

დასკვნის სახით, შეიძლება ითქვას, შემუშავებულია კომპლექსური კერძოდ Al, Mn, Si-ის შემცველი შენადნობის მიღების ტექნოლოგია. დადგენილია და გაანალიზებულია თითოეული საკაზმე მასალის ქიმიური შედგენილობა მასა %-ში. გაანგარიშებულია ბრიკეტების მიღების პროცენტული რაოდენობა თითოეული საკაზმე მასალის მონაწილეობით: დახვეწილია დნობის ტექნოლოგია კომპლექსური შენადნობის მიღებისათვის მადანთერმულ ღუმელში. ექსპერიმენტულად დადასტურებულია შენადნობის მიღების საკვანძო ტემპერატურები, როგორც გადნობის, ისე გამყარებისათვის. ექსპერიმენტული კვლევებით დადგენილია ბრიკეტების ბრიკეტების სრობის ოპტიმალური დრო, რომელმაც შეადგინა (120-150) სთ.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Г.Н. Звиададзе, Н.И. Циргвава, Г.В. Кашакашвили, Б.Г. Гогичаишвили, О.Ш. Микадзе, А.С. Таругашвили, М.Б. Мумладзе, Н.О. Гвамберия, Г.Я. Гзелидзе, Б.Х. Кердзевадзе, Т.И. Бучукури. "Сплав для раскисления и модифицирования стали," А.С. №1659515(СССР) С22С 35/00 заяв. 24.05.89. опубл. 30.0691. Б.И. №24.
2. Г.Н Звиададзе, Т.И. Бучукури, О.Ш. Микадзе, А.С. Таругашвили, Б.Г. Гогичаишвили, Р.Д. Лабадзе. "Шихта для выплавки ферросиликоалюминия" А.С. №1686017 (СССР) С22С 33/00 заяв. 27.04.89. опубл. 23.10.91 Б.И. №39.
3. Г.Н. Звиададзе, Т.И. Бучукури, О.Ш. Микадзе, Б.Г. Гогичаишвили, А.С. Таругашвили, "Шихта для выплавки ферросиликоалюминия" А.С. № 1792992(СССР) С22С 33/04 заявлен. 01.10.90. опубл.07.02.93 Б.И. №5.
4. О.Ш. Микадзе, Г.Н. Звиададзе, Т.И. Бучукури, Б.Г. Гогичаишвили, А.С. Таругашвили. "Шихта для выплавки сплавов на основе марганца" А.С №1786169 (СССР) С22С 33/04 заяв. 13.02.91 опубл. 07.01.93. Б.И №1.
5. С.М.Мазмишвили, Д.Ш.Демурашвили, Б.Г.Гогичаишвили, Т.И.Бучукури. . "Изучение процессаупрочнения марганецсодержащих брикетов” Проблемы металлургии, материаловедения и сварки сборник трудов VII международной научно-технической конференции 8-11 октября 2002г.

Производство комплексных сплавов из малоглинистых марганцевых отходов и высокозольных углей

**Тамаз Бучукури, Тамар Церцвадзе, Тамар Цилосани,
Нино Кенчаишвили
Резюме**

Переход Грузии на рыночную экономику требует рационального использования имеющихся в стране ресурсов, в том числе вторичных, среди которых отходы металлургических и химических заводов составляют значительную часть. Их освоение и переработка для производства металлургической продукции обеспечивает высокую экономическую эффективность отраслей и оздоровление региона. Использование марганец-и алюминосодержащих отходов металлургических и химических производств для получения комплексных раскислителей с целью рафинирования жидкой стали

весьма актуально так как при их использовании значительно сокращается расход первичного чушкового алюминия и стандартных марганцевых ферросплавов. С этой целью нами были применимы и обработаны малокремний содержащий материал пыль производство FeMn, а также высокозольный зала угля, химический состав которых приведены в тексте статьи.

Production of complex alloys from low-clay manganese waste and high-ash coals

Tamaz Buchukuri, Tamar Tsertsvadze, Tamar Tsilosani,

Nino kenchiashvili

Abstract

Georgia's transition to a market economy requires rational use of the country's resources, including secondary ones, of which metallurgical and chemical plant waste constitutes a significant part. Their development and processing for the production of metallurgical products ensures high economic efficiency of the industries and the recovery of the region. The use of manganese- and aluminum-containing waste from metallurgical and chemical industries to obtain complex deoxidizers for the purpose of refining liquid steel is very important since their use significantly reduces the consumption of primary ingot aluminum and standard manganese ferroalloys. For this purpose, we used and processed low-silicon-containing material from FeMn production dust, as well as high-ash coal, the chemical composition of which is given in the text of the article.

უაკ 513.21

Revit Architecture: ორსართულიანი შენობის მოდელირება - სართულისა და კიბის დიზაინი

ნათელა ჯავახიშვილი*, თეა ბარამაშვილი**

*პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: n.javakhishvili@gtu.ge;

**პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: baramashvili.t@gtu.ge

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

რეზიუმე:

წინამდებარე სტატია იკვლევს Revit Architecture-ის გამოყენებას ორსართულიანი შენობისთვის დამატებითი სართულის და კიბის შექმნას. განხილულია ამ პროცესში გამოყენებული ძირითადი ინსტრუმენტები და ბრძანებები, როგორცაა Filter, Clipboard-ის Copy to Clipboard და Paste ფუნქციები, ასევე Aligned Selected Levels. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა კიბის უჯრედის დაგეგმვასა და გაანგარიშებას, სართულის სიმაღლის, საფეხურის სიგანისა და საფეხურქვეშის სიმაღლის გათვალისწინებით. სტატია ასევე გვიჩვენებს, თუ როგორ ითვლის პროგრამა Revit საფეხურების საჭირო რაოდენობას (Desired Number) და იძლევა მარშის მიმართულებისა და მოაჯირის მასალის მოდიფიკაციის შესაძლებლობას, რაც ხაზს უსვამს პროგრამის მოქნილობას დიზაინის ადაპტაციაში. სტატია წარმოადგენს პრაქტიკულ სახელმძღვანელოს Revit-ის მომხმარებლებისთვის, რომლებიც ცდილობენ გააუმჯობესონ თავიანთი უნარები მრავალსართულიანი შენობების მოდელირებაში.

საკვანძო სიტყვები:

სართულშუა გადახურვა, დონეები, პარამეტრების სტრიქონი, კიბის მარში, მოაჯირი.

შესავალი

კომპიუტერული პროგრამა Revit-ი არის BIM – Building Information Modeling – შენობათა ინფორმაციული მოდელირება და იგი განკუთვნილია როგორც არქიტექტორებისთვის, ისე კონსტრუქტორებისთვის და სამშენებლო ორგანიზაციების სპეციალისტებისთვის. საპროექტო იდეები მასში ხორციელდება კოორდინირებული და მიმდევრობითი მიდგომით სამუშაოსადმი.

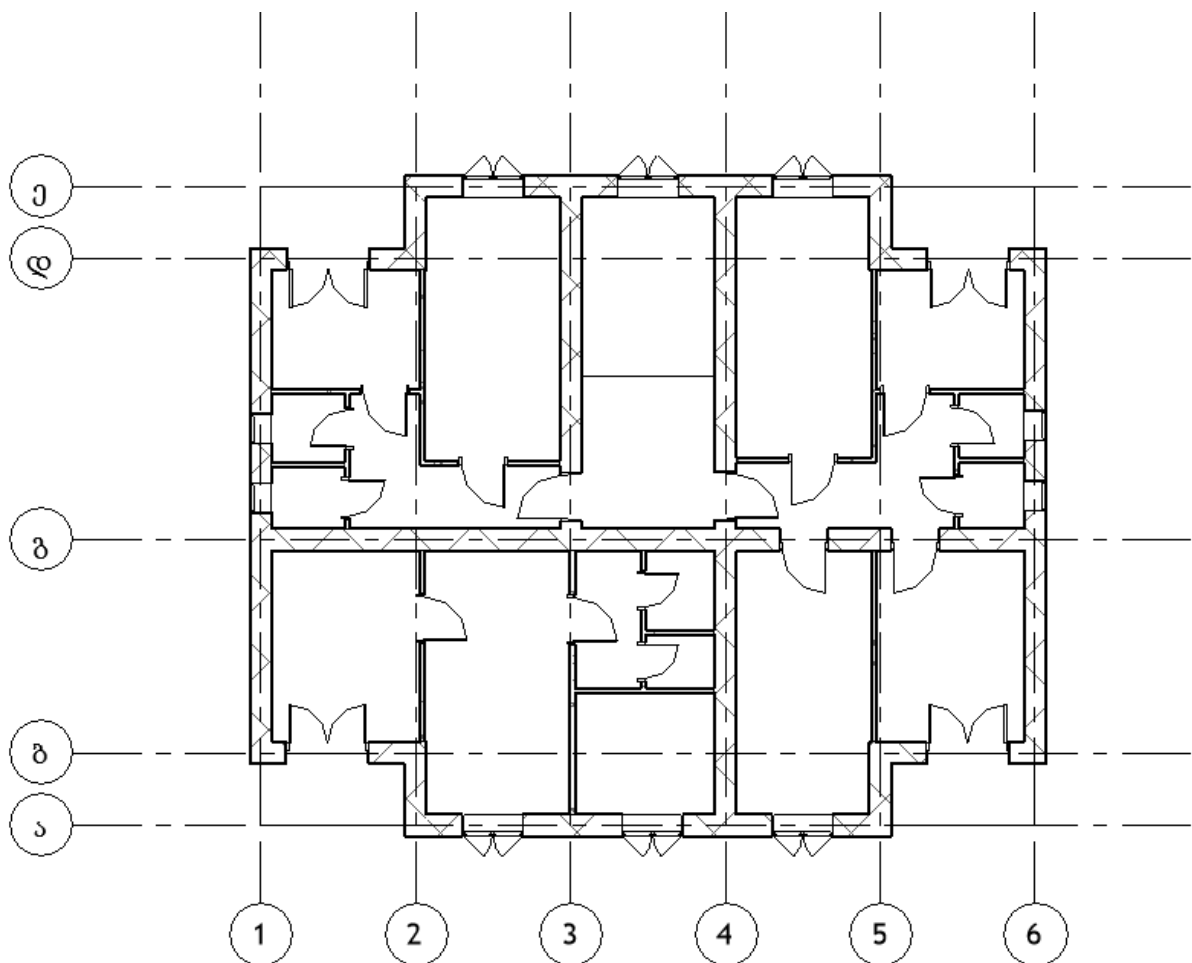
კომპიუტერული პროგრამა Revit-ი მოცავს სამ პროგრამულ პროდუქტს, შენობათა პროექტირების სხვადასხვა სტადიისათვის:

- ✓ Revit Architecture – შენობათა დიზაინერებისა და არქიტექტორებისთვის;
- ✓ Revit structure – ინჟინერ-კონსტრუქტორებისთვის;
- ✓ Revit MEP – ელექტრომომარაგების, ვენტილაციის და წყალმომარაგების ინჟინრებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

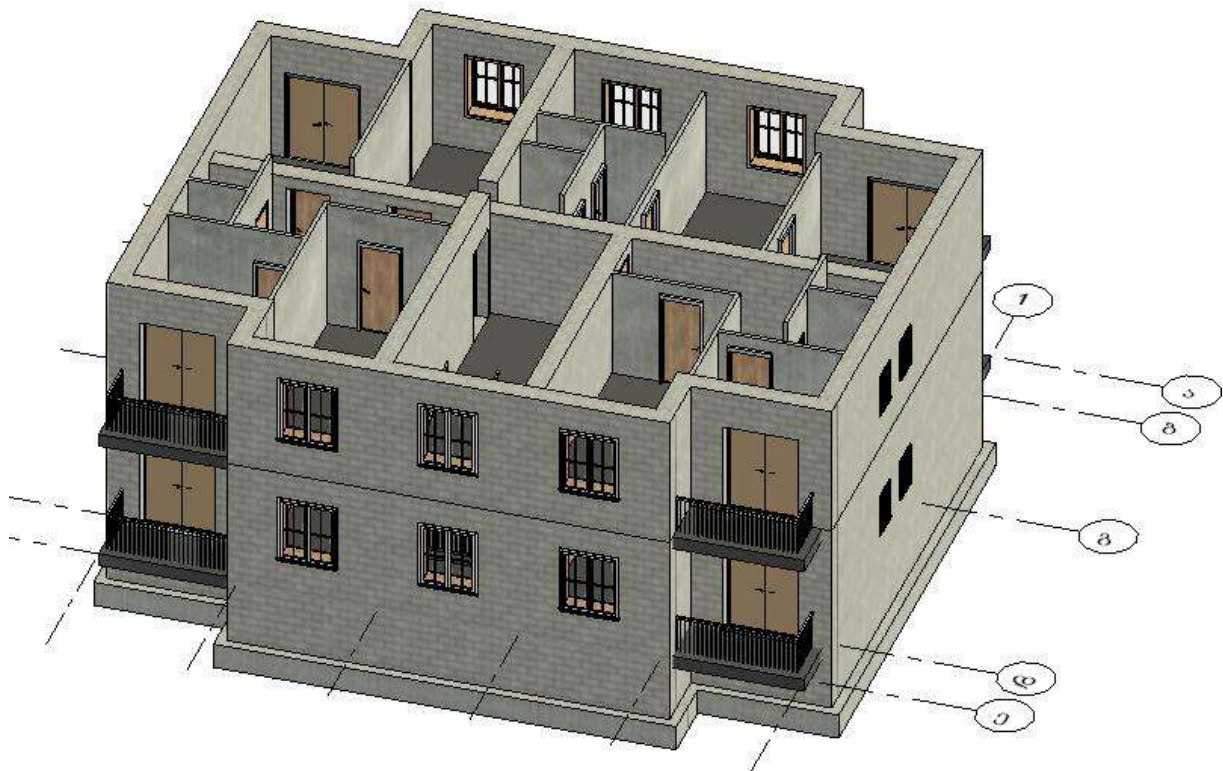
მეორე სართულის დამატება.

მეორე სართულის დასამატებლად თავის მარცხენა ღილაკით გამოვყოთ ნახაზის ყველა ელემენტი (ვიმყოფებით I სართულის დონეზე - level 1) და თავის მარცხენა ღილაკით მოვნიშნოთ მთლიანად. ლენტაზე, პანელზე Selection (არჩევა) ავირჩიოთ ჩანართი Filter (ფილტრი). გამოვა ცხრილი, რომელშიც მოცემულია ამ ნახაზზე შესრულებული მოქმედებები: ზომები, კარი, იატაკი, ფანჯარა, კედლები, ღერძები. ცხრილში თუ მოვნიშნავთ Check None მოინიშნება ყველა ალამი. Check All - მონიშნავს ყველა ელემენტს, ალამით მონიშვნა დავუტოვოთ იმ ელემენტებს, რომელთა კოპირებაც გვინდა მეორე სართულზე. ვუტოვებთ ალამებს კარებს, ფანჯრებს, კედლებს, ტიხრებს და ბოლოს OK (ნახ. 1.).



ნახ. 1.

ამის შემდეგ, ლენტაზე, პანელზე Clibord ვირჩევთ ბრძანება Copy to Clibord, გააქტიურდება ბრძანება Paste (ჩასმა), ჩამოვშალოთ მენიუ და ვირჩევთ Aligned Selected Level - დონეების არჩევა - ვირჩევთ Level 2. მოხდება ყველა არჩეული ელემენტის კოპირება II სართულის გეგმაზე. Project Browser-ში ვაკლიკებთ Level 2. ყველა ელემენტი აისახა მეორე სართულის დონეზე. ვუმზერთ 3D გამოსახულებას (ნახ. 2).



ნახ. 2.

კიბის აგება.

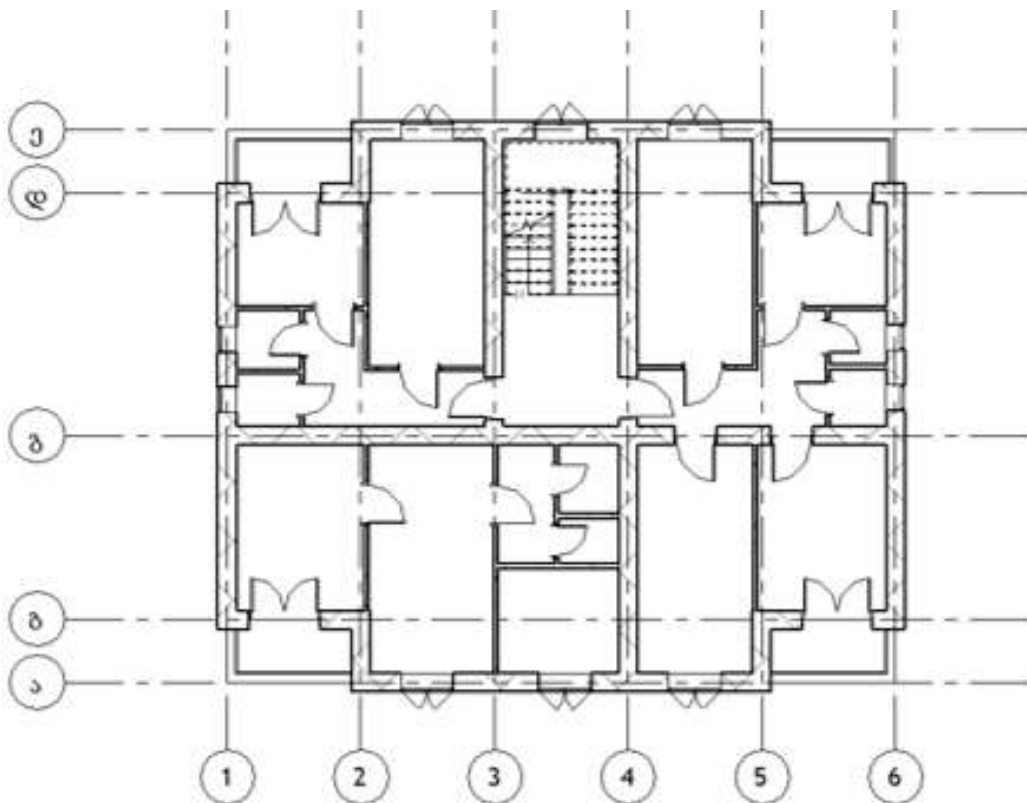
კიბის ასაგებად Project Browser-ში თავის მარცხენა ღილაკის ორჯერ დაკლიკებით ვირჩევთ Level 1-ს (პირველი სართულის დონე). ჩანართი Architecture, ვირჩევთ კიბეს (Stair). პარამეტრების სტრიქონში მოცემულია მარშის მინიმალური სიგანე 1000 (შეგვიძლია შეცვლა პროექტის მიხედვით).

ამის შემდეგ, Properties-ში ვირჩევთ - Edit Type (სახეობის შეცვლა) და Type Properties-ში ვამოწმებთ საჭირო მონაცემებს. საფეხურქვეშის სიმაღლე აიღება - 150 მმ, საბიჯელის სიგანე - 300 მმ. შევიტანოთ ეს სიდიდეები ცხრილში - Name და ბოლოს - OK. ეს მნიშვნელობები შეგვაქვს Type Properties-ში: Maximum Rise Height (საფეხურქვეშის სიმაღლე) - 150 მმ და Minimum Tread Depth - 300 მმ. აღსანიშნავია, რომ საფეხურქვეშის სიმაღლის არჩევა ფაქტიურად განსაზღვრავს საფეხურების რაოდენობას პირველი სართულიდან მეორე სართულამდე. პროგრამა ავტომატურად იძლევა საფეხურების რაოდენობას Properties-ში გამოჩნდება Desired Number. შემდეგ საჭიროა კიბის ჩანას (კოსოურის) განსაზღვრა. Type Properties-ში შეიძლება ავირჩიოთ - Left Support Type (მარცხენა საყრდენით). ჩვენი პროექტის მიხედვით პარამეტრების სტრიქონში (Location line) უნდა განვსაზღვროთ კიბის ბმა: საიდან ექნება კიბეს საყრდენი, მარჯვნივ ან მარში მარცხნივ. კიბის აგების შემდეგ პროგრამა ავტომატურად განსაზღვრავს მოაჯირის ტიპს. შესაძლებელია მოაჯირის სახეობის შეცვლა. ბოლოს ვაკლიკებთ მწვანე ალამს Edit Finish Mode (ვეთანხმებით მოქმედების დასრულებას) და ვუმზერთ 3D გამოსახულებას (ნახ. 3).



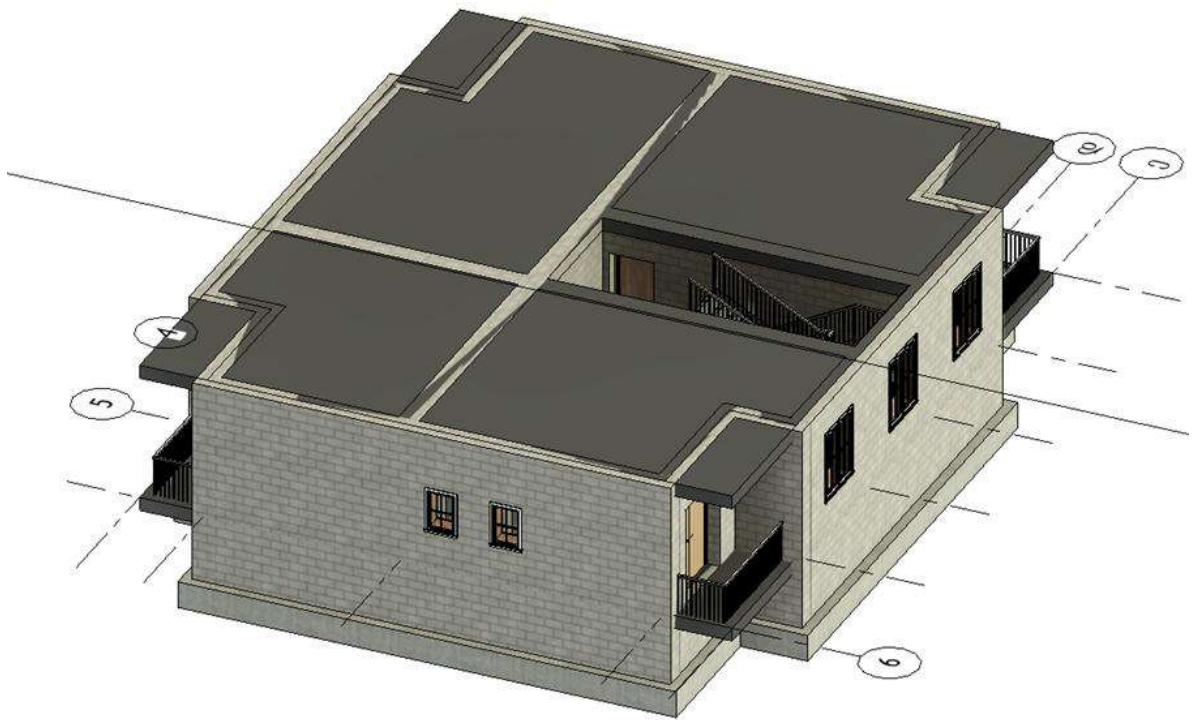
ნახ. 3.

კიბის აგების პროცესში შესაძლებელია მარში სვლის მიმართულების შეცვლა. დადგენილი მარში შეიძლება შეცვალოთ აღმავლად როგორც 2D, ისე 3D გამოსახულებაში. ამისათვის მოვნიშნოთ მარში. პანელზე - Tools ვაკლიკებთ ფუნქციას - Flip (შეცვლა), რომელიც შეცვლის მარშის სვლის მიმართულებას (ნახ. 4).



ნახ. 4.

სართულშუა გადახურვაში საჭიროა კიბის ქვეშ ღიობის გაჭრა. მდგომარეობის სტრიქონში ავირჩიოთ Temporary Hide/Isolate (ელემენტების დაფარვა) და მოვნიშნოთ მეორე სართულის ელემენტები. ამის შემდეგ ისინი აღარ ჩანს. კურსორი მივიტანოთ კედლის სასაზღვრო (განაპირა) მნიშვნელობაზე, TAB კლავიშით და თავის მარცხენა ღილაკის საშუალებით ვიპოვოთ გადახურვის ფილა, დავაკლიკოთ ლენტაზე ფუნქციას ესკიზის რედაქტირება - Edit Boundary, გადავიდეთ I სართულის გეგმაზე Project Browser-დან. კიბის კონტურის მიხედვით პროექტზე, ბრძანება Rectangle-ს საშუალებით შემოვხაზოთ არსებული კიბის კონტური. ვაკლიკებთ მწვანე ალამს - Finish Edit Mode, რითაც ვეთანხმებით მოქმედების დასრულებას, ვუმზერთ 3D გამოსახულებას (ნახ. 5).



ნახ. 5.

მდგომარეობის სტრიქონში ვაკლიკებთ სათვალის ხატულას, ვირჩევთ Reset Temporary Hide/Isolate (გამოსახულების განახლება). გადახურვაში გამოიჭრა კიბის მარმის ღიობი.

დასკვნა

კომპიუტერული პროგრამა Revit წარმოადგენს თანამედროვე მშენებლობაში ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ და მრავალმხრივ ინსტრუმენტს, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია შენობის არსებობის მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში. დაწყებული არქიტექტორთან საპროექტო იდეის ჩამოყალიბებიდან და დეტალური მოდელის შექმნიდან, დამთავრებული შენობის ექსპლუატაციითა და საბოლოო დემონტაჟამდე.

Revit-ის მთავარი უპირატესობა მდგომარეობს მის ერთიანი მოდელის პრინციპში. ეს ნიშნავს, რომ ყველა საპროექტო ელემენტი, იქნება ეს კედლები, იატაკები, კიბეები, კარები თუ ფანჯრები, დაკავშირებულია ერთ ცენტრალურ მონაცემთა ბაზასთან. ამ ერთიანი მოდელიდან შესაძლებელია ნებისმიერ დროს მივიღოთ აქტუალური და კონსისტენტური

ინფორმაცია შენობის შესახებ, მათ შორის გენერირდეს ყველა საჭირო ნახაზი, განაკვეთი, ფასადი, სამგანზომილებიანი ხედი, სპეციფიკაცია და რაოდენობრივი მონაცემები. ნებისმიერი ცვლილება მოდელში ავტომატურად აისახება ყველა დაკავშირებულ დოკუმენტზე, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს შეცდომებს, ზოგავს დროსა და რესურსებს პროექტის ყველა ეტაპზე. შესაბამისად, Revit უზრუნველყოფს სამშენებლო პროცესის მაქსიმალურ ეფექტურობასა და კოორდინაციას.

გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები:

1. ნ. ჯავახიშვილი, თ. ბარამაშვილი, ქ. ჭკუასელი, „კომპიუტერული გრაფიკული პროგრამა Revit“ (სახელმძღვანელო), საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISBN 978-9941-28-999-6, 174 გვ., 2023წ.;
2. N. Javakhishvili, T. Baramashvili, „Creation of constructions (wall) in computer graphic program Revit“, Journal „TRANSPORT AND MACHINEBUILDING“, Publishing House „TRANSPORT & MACHINEBUILDING“, №1(59)2024, paper 6, ISSN 1512-3537 (print), DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3537>
3. N. Javakhishvili, T. Baramashvili, „Revit Architectura roof by footprint single-pitched, gable, hip, and mansard roof“, Journal „TRANSPORT AND MACHINEBUILDING“, Publishing House „TRANSPORT & MACHINEBUILDING“, №1 (62) 2025, paper 7, ISSN 1512-3537 (print), ISSN 3038-4047 (online), DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-3537>
4. https://public.iutenligne.net/dessin-industriel/fauqueux/revit_web_gen_web/res/Revit.pdf
5. <https://www4.ac-nancy-metz.fr/echanges-pedagogiques-btp/?q=node/311>
6. Revit for Architecture Updates and Enhancements, 2017, paper 15; https://s3.us-east-2.amazonaws.com/pfacs.downloads/Books/2016_Revit_Architecture/RAC2017_Update.pdf
7. User's Guide, Revit Architecture 2011, paper 1836, © 2010 Autodesk
8. <https://www.autodesk.com/products/revit/features>
9. https://www.academia.edu/31594762/Revit_Exercise
10. https://www.studmed.ru/kocar-m-v-revit-structure-bazovyy-kurs_c7f1398a1bf.html

Revit Architecture: Two-Story Building Modeling - Floor and Stair Design

Natela Javakhishvili, Tea Baramashvili

Abstract

This article explores the use of Revit Architecture for creating an additional floor and a staircase in a two-story building. It discusses the key tools and commands used in this process, such as the Filter tool, Clipboard's Copy to Clipboard and Paste functions, and Aligned Selected Levels. Particular attention is paid to the planning and calculation of the stairwell, considering floor height, tread width, and riser height. The article also demonstrates how Revit calculates the required number of steps (Desired Number) and allows for the modification of stair run direction and railing material, highlighting the software's flexibility in design adaptation. This article serves as a practical guide for Revit users seeking to enhance their skills in multi-story building modeling.

**Revit Architecture: Моделирование двухэтажного здания - Проектирование
этажа и лестницы**

ნატელა Джавахიშვილი, Tea Baramashvili

Резюме

Настоящая статья исследует использование Revit Architecture для создания дополнительного этажа и лестницы в двухэтажном здании. Рассматриваются основные инструменты и команды, применяемые в этом процессе, такие как инструмент Filter, функции Copy to Clipboard и Paste из буфера обмена, а также Aligned Selected Levels. Особое внимание уделяется планированию и расчету лестничной клетки с учетом высоты этажа, ширины проступи и высоты подступенка. Статья также демонстрирует, как программа Revit рассчитывает необходимое количество ступеней (Desired Number) и предоставляет возможность изменения направления марша и материала ограждения, что подчеркивает гибкость программного обеспечения в адаптации дизайна. Статья представляет собой практическое руководство для пользователей Revit, стремящихся улучшить свои навыки в моделировании многоэтажных зданий.

არასრულად დატვირთული მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის განივი დინამიკური მდგრადობის გამოკვლევა

რამაზი ტყემალაძე*, თინათინ გოგიშვილი**,
ირაკლი გრძელიშვილი***

*ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: ramaz.tkemaladze@gtu.ge;

**ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: t.gogishvili@gtu.ge;

***დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: grdzlishvili.irakli@mail.ru

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

რეზიუმე:

საქართველოს მთაგორიან ტყეკაფებზე, სხვადასხვა რელიეფური პირობებისათვის ხე-ტყის დამზადების პროცესის უსაფრთხოდ წარმართვისათვის, საჭიროა შემუშავდეს რეკომენდაციები მორსატრევი ტექნიკის ოპერატორებისათვის. ამ მიზნით ჩატარებულია არასრულად დატვირთული მთა-ის განივი დინამიკური მდგრადობის გამოკვლევა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა ტვირთი ძარაზე განლაგებულია მობრუნების მხარეს ბორტთან, დაფიქსირებულ მდგომარეობაში. ანგარიშით მიღებულია t დროის მნიშვნელობები მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, კრიტიკული და მაქსიმალური სიჩქარეების შემთხვევაში.

საკვანძო სიტყვები:

მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატი (მთა), მრუდწირული მოძრაობა, ინერციის მომენტი.

შესავალი

მორსატრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა-ის) განივი მდგრადობა არის უნარი შეინარჩუნოს მოცემული მოძრაობა გადაყირავების და დაცურების გარეშე, მრუდწირული მოძრაობის, აგრეთვე გვერდითი გადაადგილების და ფერდობზე განივი მიმართულებით მოძრაობის დროს. ამასთან, გაცილებით სახიფათოა აგრეგატის მდგრადობის დაკარგვა განივი მიმართულებით, რადგანაც მორსატრევი აგრეგატების ლიანდის სიგანე ნაკლებია საყრდენი ზედაპირის სიგრძეზე.

მთა-ის განივი დინამიკური მდგრადობის გამოსაკვლევად და მასთან დაკავშირებული პარამეტრების ზღვრული მნიშვნელობების დასადგენად, მთაგორიან ტყეკაფებზე ექსტრემალურ პირობებში ხე-ტყის მორსატრევის ტექნოლოგიური პროცესის სირთულეების გათვალისწინებით კვლევები ჩატარდა ვაკეზე მთა-ის მრუდწირული მოძრაობის დროს, როდესაც მორი ძარაზე დაფიქსირებულია მობრუნების მხარეს.

ძირითადი ნაწილი

არასრულად დატვირთული მთა-ის განივი დინამიკური მდგრადობის გამოსაკვლევად ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა ტვირთი – შეკრულა ან მორი განლაგებულია მობრუნების მხარეს ძარაზე ბორტთან დაფიქსირებულ მდგომარეობაში, საჭიროა შევადგინოთ აგრეგატზე მოქმედი ყველა ძალების მომენტების ჯამური განტოლება, ტრაქტორის მუხლუხა ჯაჭვის საყრდენი ზედაპირის წიბოზე გამავალი x_0x_0 ღერძის მიმართ. აღნიშნული განტოლება ვაკეზე, გადაბრუნების დაწყების მომენტიდან წარმოადგენს აგრეგატის განივი დინამიკური მდგრადობის დიფერენციალურ განტოლებას (ნახ. 1, 2):

$$I_{\Sigma x_0x_0} \Delta \ddot{\phi}_4 = m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta \varphi_4) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta \varphi_4) r_3 - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta \varphi_4) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta \varphi_4) r_3, \quad (1)$$

სადაც $I_{\Sigma x_0x_0}$ – არასრულად დატვირთული მთა-ის ჯამური ინერციის მომენტი x_0x_0 ღერძის მიმართ, კგმ²;

$\Delta \ddot{\phi}$ – არასრულად დატვირთული მთა-ის x_0x_0 ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხური აჩქარება, 1/წმ²;

a_4 – არასრულად დატვირთული მთა-ის ცენტრიდანული აჩქარება ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, მ/წმ²;

m_4 – დაუტვირთავი მთა-ის მასა, კგ;

m_3 – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულა მასა, კგ;

Δ – არასრულად დატვირთული მთა-ის x_0x_0 ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხე საწყისი მდგომარეობიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, გრად;

φ_{40} – დაუტვირთავი მთა-ის საწყისი მდგომარეობაში r_4 რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

r_4 – დაუტვირთავი მთა-ის S_4 სიმძიმის ცენტრის ბრუნვის რადიუსი O წერტილის მიმართ, მ;

φ_{30} – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას S_3 სიმძიმის ცენტრის O წერტილის გარშემო r_3 ბრუნვის რადიუსის დახრის კუთხე ჰორიზონტალთან, გრად;

r_3 – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას S_3 სიმძიმის ცენტრის x_0x_0 ღერძის გარშემო ბრუნვის რადიუსი, მ;

G_4 – დაუტვირთავი მთა-ის წონა, ნ;

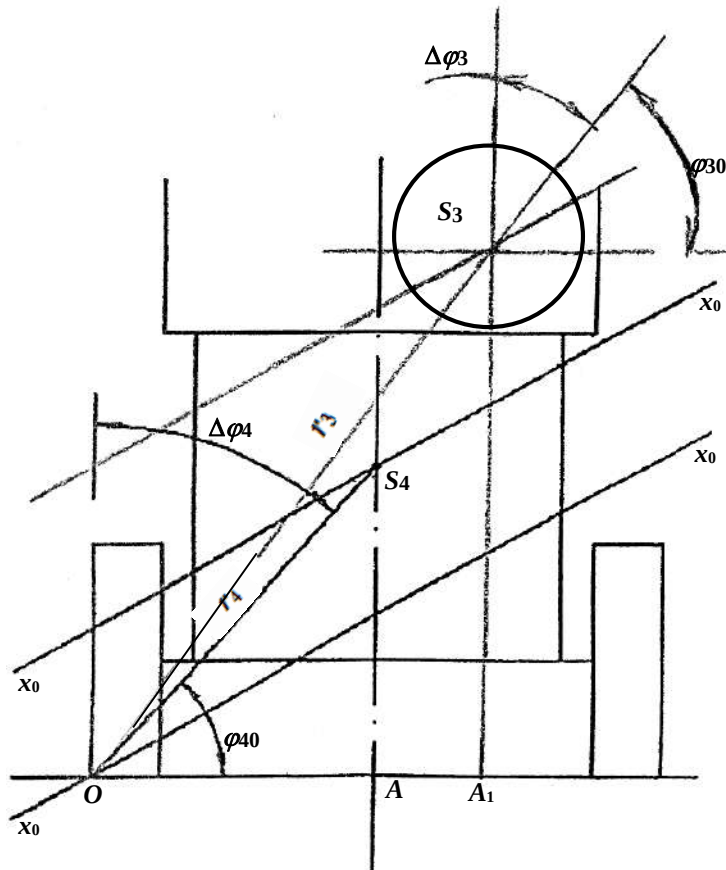
G_3 – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულას წონა, ნ.

არასრულად დატვირთული მთა-ის ჯამური ინერციის მომენტი იანგარიშება ფორმულით

$$I_{\Sigma x_0x_0} = I_{4x_0x_0} + I_{3x_0x_0}, \quad (2)$$

სადაც $I_{4x_0x_0}$ – დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი აგრეგატის S_4 სიმძიმის ცენტრში გამავალი x_0x_0 ღერძის პარალელური x_4x_4 ღერძის მიმართ, კგმ²;

$I_{3x_0x_0}$ – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულის ინერციის მომენტი, შეკრულის S_3 სიმძიმის ცენტრში გამავალი x_0x_0 ღერძის პარალელური x_3x_3 ღერძის მიმართ, როცა შეკრულა განლაგებულია მოზრუნების მხარეს ძარაზე ბორტთან დაფიქსირებულ მდგომარეობაში, კგმ².



ნახ. 1 არასრულად დატვირთული მთა-ის ინერციის მომენტების საანგარიშო სქემა ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა შეკრულა განლაგებულია მოზრუნების მხარეს ძარის ბორტთან დაფიქსირებულ მდგომარეობაში

დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი $I_{4x_0x_0}$ იანგარიშება ფორმულით

$$I_{4x_0x_0} = I_{4x_4x_4} + m_4 r_4^2, \quad (3)$$

სადაც $I_{4x_0x_0}$ – დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტი, x_0x_0 ღერძის პარალელური S_4 სიმძიმის ცენტრში გამავალი x_0x_0 ღერძის მიმართ, კგმ².

დაუტვირთავი მთა-ის $I_{4x_4x_4}$ ინერციის მომენტის განსაზღვრისათვის აგრეგატი შეიძლება ჩაითვალოს სამგანზომილებიან a_0 , b , c პრიზმატულ მეტალის სხეულად. პრიზმატული სხეულის ინერციის მომენტს ვანგარიშობთ ფორმულით:

$$I'_{4x_4x_4} = \frac{\gamma_1}{12g} a_0^2 bc \left(1 + \frac{b^2}{a_0^2} \right), \quad (4)$$

სადაც I'_{4x4x4} – მეტალის მთლიანი პრიზმატული სხეულის ინერციის მომენტი, კგმ²;

γ_1 – მეტალის სხეულის კუთრი ქონა სიმკვრივე, 0,0079 კგ/სმ³;

$a_0 = 270$ სმ, $b = 250$ სმ და $c = 600$ სმ – მთა-ის სიმაღლე, სიგანე და სიგრძე. მ;

g – სიმძიმის ძალის აჩქარება, 9,81 მ/წმ².

ფორმულაში (4) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ

$$I'_{4x4x4} = \frac{0,0079}{12 \cdot 981} \cdot 270^3 \cdot 250 \cdot 600 \left(1 + \frac{250^2}{270^2} \right) = \\ = 3679984 \text{ კგსმწმ}^2 = 367998 \text{ კგმ}^2.$$

პრიზმატული სხეულის გაბარიტული ზომებიდან გამომდინარე უნდა განვსაზღვროთ აგრეგატის მეტალის რეალური მოცულობის კოეფიციენტი K_1

$$K_1 = \frac{m_4}{a_0 b c \gamma_1} = \frac{13,6}{2,7 \cdot 2,5 \cdot 6,0 \cdot 7,9} = 0,0425.$$

მთა-ის რეალური ინერციის მომენტის I_{4x4x4} ნიშნულობის დასადგენად I'_{4x4x4} გავამრავლოთ K_1 კოეფიციენტზე

$$I_{4x4x4} = I'_{4x4x4} \cdot K_1 = 367998 \cdot 0,0425 = 15640 \text{ კგმ}^2.$$

ფორმულაში (4) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ დაუტვირთავი მთა-ის ინერციის მომენტის სიდიდეს

$$I_{4x0x0} = 15640 + 13600 \cdot 1,76^2 = 57767 \text{ კგმ}^2. \quad (5)$$

ნახ. 35-ის მიხედვით, ვიცით რა, აგრეგატის S_4 სიმძიმის ცენტრის კოორდინატები $OA=1,0$ მ და $AS_4 = 1,45$ მ, ვპოულობთ φ_{40} კუთხის და r_4 რადიუსის მნიშვნელობებს

$$r_4 = \sqrt{OA^2 + AS_4^2} = \sqrt{1,0^2 + 1,45^2} = 1,76 \text{ მ.}$$

$$\cos \varphi_{40} = \frac{OA}{r_4} = \frac{1,0}{1,76} = 0,56818;$$

$$\varphi_{40} = 55^\circ 23'.$$

ინერციის მომენტი I_{3x0x0} იანგარიშება ფორმულით

$$I_{3x0x0} = I_{3x3x3} + m_3 r_3^2, \quad (6)$$

სადაც I_{3x3x3} – არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულის ინერციის მომენტი გამავალი S_3 სიმძიმის ცენტრში x_0x_0 ღერძის პარალელური x_3x_3 ღერძის მიმართ, კგმ².

შეკრულის ინერციის მომენტის I_{3x3x3} საანგარიშოდ საჭიროა პირველ რიგში ვიანგარიშოთ I'_{3x3x3} , ამ შემთხვევაში, როგორც მუხის გარკვეული სიგრძის ცილინდრული მთლიანი სხეულის ინერციის მომენტი, ფორმულით

$$I'_{3x3x3} = \frac{\pi}{32} \frac{\gamma_2}{g} d_3^4 L, \quad (7)$$

სადაც γ_2 – მუხის სიმკვრივე ტენიანობის მიხედვით:

15%-იანი – 740 კგ/მ³;

22%-იანი – 770 კგ/მ³;

ნახევრად მშრალი – 800 კგ/მ³

ნედლი – 1010 კგ/მ³;

d_3 – მორის ან შეკრულის დიამეტრი, მ;

L – მორის ან შეკრულის სიგრძე, მ.

ფორმულაში (7) ჩავსვით რიცხვითი მნიშვნელობები

$$I'_{3x_3x_3} = \frac{3,14}{32} \cdot \frac{0,00101}{981} \cdot 100^4 \cdot 600 = 6062 \text{ კგმ}^2/\text{წმ}^3 = 606,2 \text{ კგმ}^2;$$

მიღებული $I'_{3x_3x_3}$ ინერციის მომენტი წარმოადგენს მუხის მთლიანი სხეულის ინერციის მომენტს.

მორის სახით შეკრულის მოცულობა არის $\pi_2^2 \cdot l = 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 6 = 4,71 \text{ მ}^3$, ხოლო ნედლი მუხის მორის მასა

$$m'_3 = 4,71 \cdot \gamma_2 = 4,71 \cdot 1010 = 4757,1 \text{ კგ.}$$

მორებისაგან შემდგარი შეკრულის სიცარიელები. ჩავთვალოთ 10% ე.ი. გვექნება $m_3 = 4281,4 \text{ კგ.}$

მივიღეთ, რომ მუხის მერქნის შეკრულის მოცულობა 4.71 მ³ და 4757,1 კგ მასის მქონე მორის ინერციის მომენტი არის 606,2 კგმ², მაშინ 4,24 მ³ მერქნის შემცველი შეკრულის, რომლის რეალური მასა 4281,4 კგ, ინერციის მომენტი x_3x_3 ღერძის მიმართ ტოლი იქნება.

$$I_{3x_3x_3} = \frac{I'_{3x_3x_3} \cdot m_3}{m'_3} = \frac{606,2 \cdot 4281,4}{4757,1} = 545,6 \text{ კგმ}^2, \quad (8)$$

ნახ. 35-დან ვანგარიშობთ r_3 რადიუსს და φ_{30} კუთხეს

$$r_3 = \sqrt{OA_1^2 + A_1S_3^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,97^2} = 2,48 \text{ მ.}$$

$$\cos \varphi_{30} = \frac{OA_1}{A_1S_3} = \frac{1,5}{2,48} = 0,60483;$$

$$\varphi_{30} = 52^\circ 47' /$$

ფორმულა (8) მივიღებთ არასრულად დატვირთული მთა-ის ძარაზე დატვირთული შეკრულის ინერციის მომენტს

$$I_{3x_0x_0} = 545,6 + 4281,4 \cdot 2,48^2 = 26878 \text{ კგმ}^2.$$

საბოლოოდ მივიღებთ ფორმულა (43) არასრულად დატვირთული მთა-ის ჯამური ინერციის მომენტს

$$I_{\Sigma x_0x_0} = 57767 + 26878 = 84645 \text{ კგმ}^2.$$

არასრულად დატვირთული მთა-ის ვაკეზე მინიმალური $R=2,0$ მ რადიუსით მობრუნების დროს, მობრუნების მხარეს შეკრულის ძარის ბორტთან დაფიქსირებულ მდგომარეობაში ვანგარიშობთ აგრეგატის განივი დინამიკური მდგრადობის პირობიდან ცენტრიდანულ აჩქარებას.

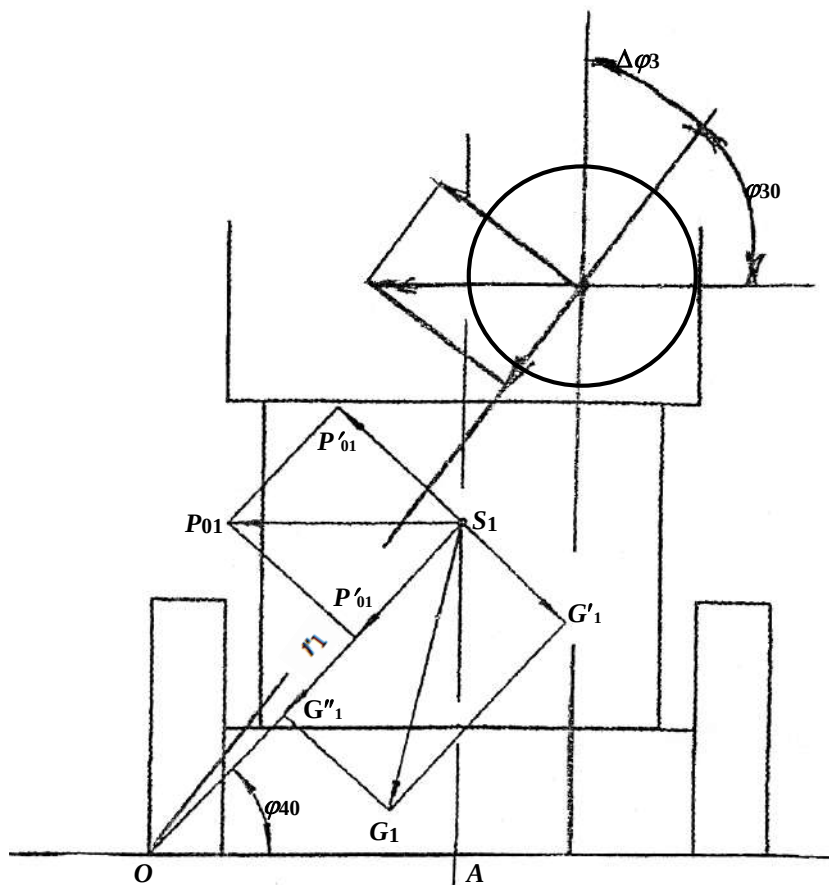
$$m_4 a_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 a_4 \sin \varphi_{30} r_3 = G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3, \quad (9)$$

საიდანაძე

$$a_4 = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{m_4 \sin \varphi_{40} r_4 + m_3 \sin \varphi_{30} r_3}, \quad (10)$$

ფორმულაში (10) რიცხვითი მნიშვნელობების დასმით გვექნება

$$\begin{aligned} a_4 &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 23' \cdot 1,76 + 25000 \cdot \cos 52^\circ 47' \cdot 2,48}{13600 \cdot \sin 55^\circ 23' \cdot 1,76 + 2500 \cdot \sin 52^\circ 47' \cdot 2,48} = \\ &= \frac{239360 \cdot 0,56808 + 62000 \cdot 0,60483}{23936 \cdot 0,82297 + 6200 \cdot 0,79635} = \\ &= \frac{135976 + 37499}{10649 + 4937} = \frac{173475}{24636} = 7,04 \text{ m}^2. \end{aligned}$$



ნახ. 2. არასრულად დატვირთულ მთა-ზე მოქმედი ძალების
 $X_0 X_0$ ღერძის მიმართ მომენტების საანგარისო სქემა
 ვაკეზე მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა
 შეკრულა განლაგებულია მოზრუნების მხარე
 ძარის ბორცვთან დაფიქსირებულ მდგომარეობაში

ვიციტ რა, ცენტრიდანული აჩქარების სიდიდე არასრულად დატვირთული მთა-ის ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, აღნიშნული პირობებისათვის ვიანგარიშით აგრეგატის მოძრაობის განივი მდგრადობის კრიტიკულ-ზღვრული სიჩქარე

$$V_4 = \sqrt{a_4 R} = \sqrt{7,04 \cdot 2,5} = 3,75 \text{ მ/წმ.}$$

განხილულ შემთხვევაში მთა ინარჩუნებს განივ დინამიკურ მდგრადობას, რადგანაც V_4 კრიტიკული სიჩქარე მეტის V_s აგრეგატის მაქსიმალურ სიჩქარეზე, რომელიც შეუძლია განავითაროს აგრეგატმა ვაკეზე მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობის დროს.

$$V_4 = 3,75 > V_s = 2,84.$$

t_4 დროის განსაზღვრისათვის, რომელიც შეესაბამება პერიოდს აგრეგატის $x_0 x_0$ ღერძის გარშემო გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, საჭიროა $\Delta\varphi_4$ კუთხის პოვნა, რომელიც აგრეთვე შეესაბამება აგრეგატის $x_0 x_0$ ღერძის გარშემო ბრუნვის კუთხეს, აგრეგატის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე.

$\Delta\varphi_4$ კუთხის მაქსიმალურ მნიშვნელობას ვსაზღვრავთ. პირობიდან, როცა ვაკეზე განივი მიმართულებით. მოძრაობა არასრულად დატვირთულ მთა-ის და შეკრულას წონებით გამოწვეული გამაწონასწორებული მომენტების ჯამი ნულის ტოლი იქნება

$$G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max})z_4 + G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max})z_3 = 0. \quad (11)$$

მივიღეთ ტრანსცენდენტული განტოლება, რომელიც გადავყავს გაწრფივებულ მოდელში

$$G_4 (\cos \varphi_{40} \cos \Delta\varphi_{4\max} - \sin \varphi_{40} \sin \Delta\varphi_{4\max})r_4 + G_3 (\cos \varphi_{30} \cos \Delta\varphi_{4\max} - \sin \varphi_{30} \sin \Delta\varphi_{4\max})r_3 = 0, \quad (12)$$

ანუ

$$\frac{\sin \Delta\varphi_{4\max}}{\cos \Delta\varphi_{4\max}} = G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3 + G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3, \quad (13)$$

საიდანაც გვქვნება

$$\operatorname{tg} \Delta\varphi_{4\max} = \frac{G_4 \cos \varphi_{40} r_4 + G_3 \cos \varphi_{30} r_3}{G_4 \sin \varphi_{40} r_4 + G_3 \sin \varphi_{30} r_3}, \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta\varphi_{4\max} &= \frac{136000 \cdot \cos 55^\circ 23' \cdot 1,76 + 25000 \cdot \cos 52^\circ 47' \cdot 2,48}{136000 \cdot \sin 55^\circ 23' \cdot 1,76 + 25000 \cdot \sin 52^\circ 47' \cdot 2,48} = \\ &= \frac{239360 \cdot 0,56808 + 62000 \cdot 0,60483}{239360 \cdot 0,82297 + 62000 \cdot 0,79635} = \\ &= \frac{135976 + 37499}{196986 + 49374} = \frac{173475}{246360} = 0,70415. \\ \operatorname{tg} \Delta\varphi_{4\max} &= 0,70415, \quad \Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'. \end{aligned}$$

t_4 დროის საპოვნელად განტოლებიდან (14) ვსაზღვრავთ $\Delta\ddot{\varphi}_4$ კუთხურ აჩქარებას

$$\begin{aligned} \Delta\ddot{\varphi} &= \frac{1}{I_{\Sigma x_0 x_0}} [m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4) r_3 - \\ &\quad - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4) r_3]. \end{aligned} \quad (15)$$

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ

$$\Delta\varphi_{4\max} = \frac{\Delta\ddot{\varphi}_4 t_4^2}{2}, \quad (16)$$

საიდანაც

$$\Delta\ddot{\varphi}_4 = \frac{2\Delta\varphi_{4\max}}{t_4^2}, \quad (17)$$

მაშინ გვექნება

$$\Delta\varphi_{4\max} = \frac{1}{I_{\Sigma x_0 x_0}} [m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_4) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_4) r_3 - \\ - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3] \frac{t_4^2}{2}. \quad (18)$$

საიდანაც მივიღებთ

$$t_4 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{4\max}}{m_4 a_4 \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 + m_3 a_4 \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3 - \\ - G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3} \cdot \frac{I_{\Sigma x_0 x_0}}{2}}, \quad (19)$$

ფორმულაში (17) რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით გვექნება

$$t_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot 35^\circ 9'}{13600 \cdot 7,04 \cdot \sin(55^\circ 23' + 35^\circ 9') 1,76 + 2500 \cdot 7,04 \sin(52^\circ 47' + 35^\circ 9') 2,48 - \\ - 84645}} = \\ = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,628 \cdot 84645}{168509 \cos 0^\circ 32' + 43648 \sin 87^\circ 56' - 239360 \cdot (-\sin 0^\circ 32') - 62000 \cdot \cos 87^\circ 56'}} = \\ = \sqrt{\frac{106314}{168509 \cdot 0,99996 + 43648 \cdot 0,99935 + 239360 \cdot 0,00931 - 62000 \cdot 0,03606}} = \\ = \sqrt{\frac{106314}{168502 + 43620 + 2228 - 2236}} = \sqrt{\frac{106314}{212114}} = \sqrt{0,501} = 0,71 \text{ წმ.} \\ t_4 = 0,71 \text{ წმ.}$$

მივიღეთ, რომ ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, როცა აგრეგატის მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარე $V_4 = 3,75$ მ/წმ და $x_0 x_0$ ღერძის გარშემო ბრუნვის მაქსიმალური კუთხე $\Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'$, აგრეგატი გადაბრუნდება $t_4 = 0,71$ წამის განმავლობაში, რაც იმას ნიშნავს, რომ ტრაქტორისტი კატასტროფის თავიდან ასაცილებლად ვერ მოასწრებს რეაგირებას.

t_4 დროის პერიოდის სიდიდის მნიშვნელობა უფრო საინტერესო იქნება, რომ განისაზღვროს ტრაქტორის შესაძლებელი მაქსიმალური სიჩქარით მოძრაობის დრო, რადგანაც ამ შემთხვევაში t'_4 დროის მნიშვნელობის მაჩვენებელი იქნება უფრო ახლოს

რეალურ მაჩვენებელთან. ამისათვის, პირველ რიგში ვანგარიშობთ a ცენტრიდანულ აჩქარებას, აგრეგატის $V=2,84$ მ/წმ სიჩქარით, მოძრაობის დროს

$$a = \frac{V_s^2}{R} = \frac{2,84^2}{2} = 4,03 \text{ მ/წმ}^2,$$

ცნობილია, აგრეთვე $\Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'$.

t'_4 დროის განსაზღვრისათვის, რომელიც შეესაბამება პერიოდს არასრულად დატვირთული მთა-ის გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე, ვსარგებლობთ შემდეგი ფორმულით,

$$t'_4 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi_{4\max}}{m_4 a \sin(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 + m_3 a \sin(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3 - \frac{I_{\Sigma x_0 x_0}}{-G_4 \cos(\varphi_{40} + \Delta\varphi_{4\max}) r_4 - G_3 \cos(\varphi_{30} + \Delta\varphi_{4\max}) r_3}}}, \quad (20)$$

$$t'_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot 35^\circ 9'}{13600 \cdot 4,01 \cdot \sin(55^\circ 23' + 35^\circ 9') \cdot 1,76 + 2500 \cdot 4,03 \sin(52^\circ 47' + 35^\circ 9') 2,48 - \cdot 84645}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,628 \cdot 84645}{964629 \cos 0^\circ 32' + 24986 \sin 87^\circ 56' - 239360 \cdot (-\sin 0^\circ 32') - 62000 \cdot \cos 87^\circ 56'}} =$$

$$= \sqrt{\frac{106314}{96462 \cdot 0,99996 + 24986 \cdot 0,99935 + 239360 \cdot 0,00931 - 62000 \cdot 0,03606}} =$$

$$= \sqrt{\frac{106314}{96458 + 24970 + 2228 - 2236}} = \sqrt{\frac{106314}{121420}} = \sqrt{0,876} = 0,94 \text{ წმ.}$$

ამრიგად, აგრეგატი ვაკეზე რეალური მაქსიმალური სიჩქარით $V_s=2,84$ მ/წმ მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა ცენტრიდანული აჩქარება $a=4,03$ მ/წმ² და $\Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'$, დროის მონაკვეთი t'_4 გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე $t'_4=0,94$ წმ. აქ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ოპერატორმა შესაძლებელია მოასწროს რეაგირება.

დასკვნა

1. ვაკეზე მინიმალური რადიუსით მობრუნების დროს, როცა აგრეგატის მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარე $V_4 = 3,75$ მ/წმ და $x_0 x_0$ ღერძის გარშემო ბრუნვის მაქსიმალური კუთხე $\Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'$, აგრეგატი გადაბრუნდება $t_4 = 0,71$ წამის განმავლობაში.
2. ვაკეზე რეალური მაქსიმალური სიჩქარით $V_s=2,84$ მ/წმ მრუდწირული მოძრაობის დროს, როცა ცენტრიდანული აჩქარება $a=4,03$ მ/წმ² და $\Delta\varphi_{4\max} = 35^\circ 9'$, დროის

მონაკვეთი გადაბრუნების დაწყებიდან გადაბრუნების გარდაუვალ მდგომარეობამდე $t'_4 = 0,94$ წმ.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. რ. ტყემალაძე, ი. გრძელიშვილი, მ. ცუცქერიძე, ნ. გელაშვილი, ზ. ჩიტძე, ზ. ბალაშვარაშვილი. მოკლედისტანციური მობილური საჰაერო საბაგრო მორსატრევი დანადგარი. საპატენტი, განაცხადი № 15565/1. თბილისი 2021. 9გვ.
2. ზ. ბალაშვარაშვილი, ი. გელაშვილი, პ. დუნდუა, ზ. ჩიტძე, ვ. აბაიშვილი. ხე-ტყის დასამზადებელი მანქანები და მოწყობილობები. (II ნაწილი) დამხმარე სახელმძღვანელო. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი 2013, 200გვ.
3. ზ. ბალაშვარაშვილი, გ. კოკია, პ. დუნდუა, თ. მჭედლიშვილი, ზ. ჩიტძე. ტყეკაფითი სამუშაოების მანქანები და ტექნოლოგია მთიან პირობებში. სმესკ ინსტიტუტი. თბ., 2008, გვ.252.

Исследование поперечной динамической устойчивости не полностью загруженного самозагружающегося трелевочного агрегата

Рамаз Ткемаладзе, Тинатин Гогишвили, Ираклий Грдзелишвили

Резюме

Для безопасного ведения процесса лесозаготовки в горных лесосеках Грузии, в различных условиях рельефа, необходимо разработать рекомендации для операторов трелевочных машин. Для этого было проведено исследование поперечной динамической устойчивости не полностью загруженного трелевочного агрегата при криволинейном движении по ровной поверхности, когда груз на кузове расположен со стороны поворота, в фиксированном положении. Рассчётом получено значение времени t при повороте с минимальным радиусом, в случае критической и максимальной скоростей.

Study of Transverse Dynamic Stability of Partially Loaded Self-Loading Skidding Unit

Ramaz Tkemaladze, Tinatin Gogishvili, Irakli Grdzelishvili

Abstract

In order to ensure safe logging in mountain logging areas of Georgia, in various terrain conditions, it is necessary to develop recommendations for operators of skidding machines. For this purpose, a study was conducted on the transverse dynamic stability of a partially loaded skidding unit at curvilinear movement on a plains, when the load on the body is arranged on the side of the turn, in a fixed position. Due analysis are obtained the values of time t during a turn with a minimum radius, in the case of critical and maximum speeds.

უაკ: 338.47; 656.1.

საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტის მენეჯმენტის ეფექტიანობის ამაღლების მიმართულებები

გოდერძი ტყემელაშვილი*, გიორგი მელქაძე**, თამარ კილაძე***

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

**დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: melkadzegeorge@mail.ru;

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

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

რეზიუმე:

საზღვაო ტრანსპორტი ითვლება ყველაზე იაფ და მოხერხებულ სატრანსპორტო სახეობად. საზღვაო ტრანსპორტის ტვირთბრუნვა რამდენჯერმე აღემატება ყველა სახის ტრანსპორტის ტვირთბრუნვის ჯამურ მაჩვენებელს. რამდენადაც საქართველოს გააჩნია ღია ზღვაში გასასვლელი, რასაც მოკლებულია მისი უშუალო მეზობლები აზერბეიჯანი და სასომხეთი, აგრეთვე შუა აზიის სახელმწიფოებიც. აქედან გამომდინარე, შუა კავკასიის სატრანსპორტო დერეფნით სარგებლობა, რომლის მარშრუტის დიდი ნაწილი საქართველოს ტერიტორიაზე გადის ზემოაღნიშნული ქვეყნებისათვის ეკონომიკურად მისაღები უნდა იყოს, რაშიც დიდი წვლილი საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტს და მის მენეჯმენტს მიუძღვის. საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტის მენეჯმენტმა უნდა უზრუნველყოს საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის (IMO) მოთხოვნების შესრულება და საქართველოს პორტების კონკურენტუნარიანობა შავი ზღვის უცხოურ პორტებთან მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები:

საზღვაო ტრანსპორტი, ტრანსპორტი, მენეჯმენტი, ეკონომიკა.

შესავალი

მთელ მსოფლიოში ტვირთბრუნვა განუწყვეტლივ იზრდება. შესაბამისად იზრდება საზღვაო გადაზიდვების მოცულობაც, რამდენადაც საზღვაო ტრანსპორტით ტვირთების გადაზიდვა ყველაზე ეკონომიური და მოსახერხებელია. საქართველოს ისტორიულად გააჩნია ღია ზღვაში გასასვლელი. ქვეყნის საზღვრის პერიმეტრის დიდი ნაწილი (დაახლოებით 315 კმ. ზღვას მიუყვება), რაც ხდის მას სატრანსპორტო გადაზიდვებში ერთ-ერთ მიმზიდველ სუბიექტად. ამავე დროს ქვეყნის სატრანსპორტო მიმზიდველობა დადებითად აისახება მის ეკონომიკურ აქტივობაზე და დიდი ალბათობით საქართველოს სატრანსპორტო ფუნქციის გააქტიურებამ შეიძლება „კატალიზატორის“ როლი შესასრულოს ეკონომიკურ განვითარებაში.

ევროპა და აზია ერთმანეთს რამდენიმე სატრანსპორტო მარშრუტით უკავშირდება. მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია კავკასიის სატრანსპორტო მიმართულება, სადაც სამ კორიდორს გამოყოფენ: კავკასიის ჩრდილოეთ, შუა და სამხრეთს. ამათგან ყველაზე განვითარებული ინფრასტრუქტურული თვალსაზრისით ჩრდილოეთის კორიდორია, რომლის უდიდესი ნაწილი რუსეთის ტერიტორიაზე გადის. აქ გარდა იმისა, რომ

მოსახერხებელი და განვითარებული შავი ზღვის რუსეთის პორტები არსებობს შესაბამისი დადრმავეებით, რკინიგზის ხაზებით და საავტომობილო გზებით მენეჯმენტიც ისეა განვითარებული, რომ უზრუნველყოფილია ტრანსპორტირების შედარებით მაღალი სიჩქარე, საიმედოობა და სიიაფეც. ამიტომ აქ გადატანილი ტვირთების მოცულობაც დიდია.

ბოლო დროს რუსეთ-უკრაინის ომის გამო დასავლეთის სახელმწიფოები ცდილობენ გვერდი აუარონ ჩრდილო კავკასიის სატრანზიტო კორიდორს და წინ წამოწიონ ალტერნატიული სამხრეთის და შუა კორიდორები, მაგრამ რიგი მიზეზების გამო ჟერჯერობით ეს ვერ ხერხდება.

ძირითადი ნაწილი

ეკონომიკურად განვითარებული ევროპას დიდძალი მოცულობის ტვირთბრუნვა აქვს ჩინეთთან. ევროპის უდიდესი პორტი როტერდამი ჩინეთის პორტ შანხაის რამდენიმე მარშრუტით შეიძლება დაუკავშირდეს. ესენია საზღვაო მარშრუტი სუეცის არხის გავლით, ზღვის მარშრუტი აფრიკის კონტინენტის გარშემო, ზღვის მარშრუტი პანამის არხის გავლით და ჩრდილოეთ ზღვის მარშრუტები. ოთხივე ამ მიმართულებით გადაზიდვის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები შეისწავლეს ვ. და დ. პაულასკასებმა, რომლებიც მოყვანილია ცხრილში.¹

ცხრილი 1.

როტერდამსა და შანხაის შორის ტვირთბრუნვის მონაცემები

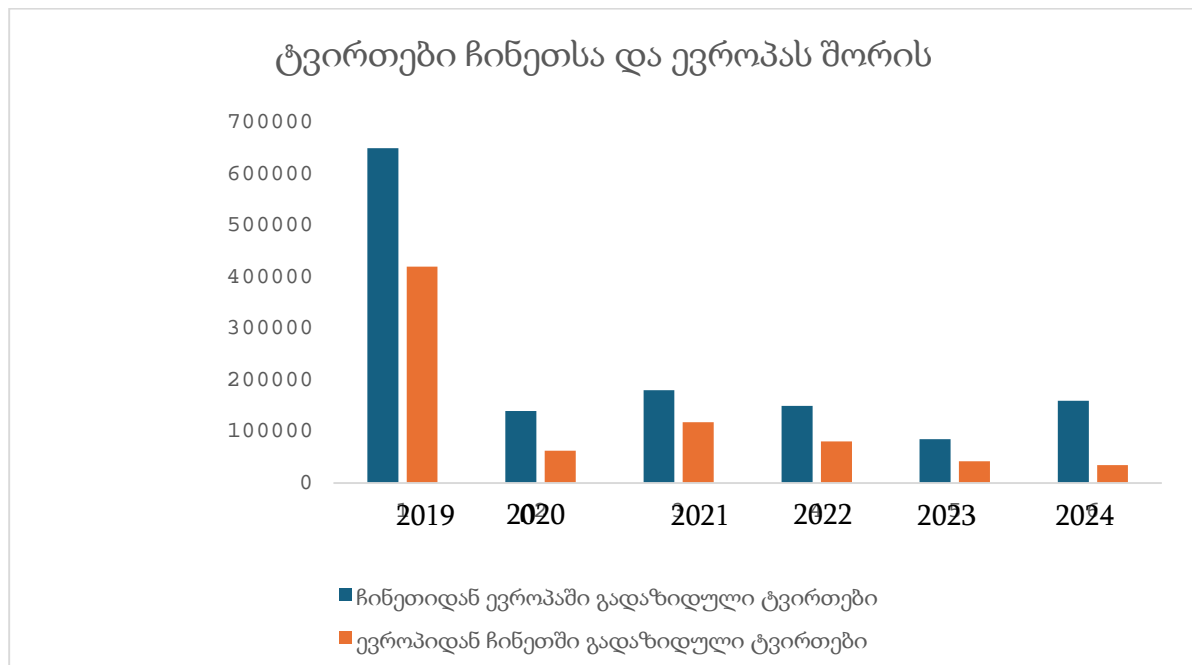
საზღვაო მარშრუტების მონაცემები	საზღვაო მარშრუტი სუეცის არხის გავლით	ზღვის მარშრუტი აფრიკის კონტინენტის გარშემო	ზღვის მარშრუტი პანამის არხის გავლით	ჩრდილოეთ ზღვის მარშრუტი
საერთო მანძილი, ნ.მ.	10,800	14,100	14,000	9000
მანძილი შეზღუდვებით, ნ.მ.	140	-	80	2500
გემის სიჩქარე, კნ	17	17	17	17
გემის სიჩქარე შეზღუდვის მონაკვეთებზე, კნ	12	-	8	8
დამატებითი ლოდინის დრო, საათები	10	-	10	-
სულ ნაოსნობის დრო, დღეები	27	35	35	29
გემის დასაშვები დადრმავება, მ	18	25	16	12
ტრანსპორტირების ფასი ერთ კონტეინერზე, ევრო	1500	2200	2200	2300
დამატებითი ფასი ერთ კონტეინერზე, ევრო	-	-	-	300

¹ Citation: Paulauskas, V.; Paulauskas, D. Comparative Studies of Major Sea Routes. Appl. Sci. 2024, 14, 6437.

<https://doi.org/10.3390/app14156437>.

საწვავის მოხმარება (დიზელი), ტონა	3050	4900	5000	3300
CO ₂ გამომუშავება, ტონა	9800	15,000	17,000	11,000

ცხრილის მონაცემების თანახმად არსებული ოთხი მარშრუტიდან უმოკლესი ჩრდილოეთის მიმართულებაა, თუმცა ამ მარშრუტზე დამატებითი გადასახადია საჭირო. საერთოდ კი კონტეინერების ტრანსპორტირება ამ მარშრუტზე ჯდება საშუალოდ 11 – 14 ათასი ევრო, ხოლო ტრანსპორტირების ხანგრძლივობა 27-29 დღე-ღამე. ამიტომ ხშირად უფრო პოპულარულია ბალტიის ქვეყნების პორტების და რუსეთის რკინიგზის გამოყენება, განსაკუთრებით ჩინეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთის პროვინციებისათვის. თუმცა პოლიტიკური სიტუაციის გამო ბალტიის ქვეყნები მიისწრაფიან რუსეთთან საზღვრის ჩაკეტვისაკენ, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ტვირთმომძრაობა ევროპის და ჩინეთის მძლავრი ეკონომიკური რეგიონებისათვის პრობლემატურია.²



ნახ. 1. ჩინეთსა და ევროპას შორის რკინიგზით გადატანილი ტვირთების მოცულობა.

მიუხედავად იმისა, რომ რუსეთი სანქციების ქვეშაა მოქცეული ცხრილი 1-ის მონაცემების თანახმად ტვირთბრუნვა რუსეთის რკინიგზის გამოყენებით ევროპასა და ჩინეთს შორის მაინც დიდ მოცულობებს აღწევს, თუმცა ბოლო წლებში შემცირების ტენდენციით ხასიათდება. ეს შემცირება უფრო იგრძნობა ჩინეთში ევროპიდან შეზიდულ საქონელზე, ვიდრე პირიქით.

აღნიშნულის ფონზე შუა კავკასიის სატრანზიტო დერეფანი უფროდაუფრო აქტუალური ხდება, ოღონდ არც ამ მარშრუტზეა საიმედო პოლიტიკური სიტუაცია. დემოკრატიული სამყარო ქვეყნებს, რომლებშიც ხელისუფლება არჩევნების გზით ათწლეულების განმავლობაში არ იცვლება, მიიჩნევს ავტორიტარულ რეჟიმებად, რასაც არასაიმედო

² Ganyi Zhang. Amid the disruption of ocean freight, the China-EU Rail Freight experienced a solid but asymmetrical growth in the first half of 2024. ს ა ი ტი : <https://market-insights.upply.com/en/the-development-of-china-eu-rail-freight-in-the-first-half-of-2024>.

ეკონომიკური პარტნიორობაზე აქვს გავლენა. მიუხედავად ამისა შუა კავკასიის კორიდორის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა საშუალებას რომ იძლეოდეს, ევროპა-აზიის მიმართულებით ტვირთბრუნვა რამდენჯერმე გაიზარდებოდა.

შუა კავკასიის დერეფანში ტვირთბრუნვის სიდიდეები და შესაბამისად საქართველოს პორტებსა და ტერმინალებში დამუშავებული ტვირთების მოცულობები უნდა იზრდებოდეს, მაგრამ რეალურად სხვა სურათი გვაქვს. საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა მხარს ვერ უბამს გლობალურ ეკონომიკურ პროცესებს.

ბოლო წლებში საქართველოს პორტებში დამუშავებული ტვირთების მოცულობები მოცემულია ცხრილ 2-ში. ბოლო წლების სტატისტიკის მიხედვით პორტებში გადამუშავებული ტვირთების მოცულობა ყველაზე მაღალი 2021 წ-ს იყო - 17 მლნ. ტ.-ზე მეტი, შემდეგ კი მოხდა მისი მოცულობის შემცირება და ეს დინამიკა დიდი ალბათობით გაგრძელდება, მაშინ როცა ჩვენი პორტების უშუალო კონკურენტებიდან მხოლოდ ნოვოროსიისკში გადამუშავებული ტვირთების მოცულობა 120 მლნ. ტ.-ზე მეტია, ხოლო სამსუნის პორტში - 40 მლნ. ტ.-ზე მეტი.³ რუსეთის შავი ზღვის პორტებში დამუშავებული ტვირთების მოცულობა ჯამურად 400 მლნ. ტ.-ს აღემატება, მისი ნაწილი შეიძლება გადმომისამართდეს საქართველოს პორტებზე იმ შემთხვევაში, თუ შესაბამისი ინფრასტრუქტურა იქნებოდა განვითარებული.

ცხრილი 2.

საქართველოს ნავსადგურებში და ტერმინალებში გადამუშავებული ტვირთის მოცულობა ტიპების მიხედვით (2020-2024 წწ.)⁴

წლები	გადამუშავებული ტვირთი*, სულ (ათასი ტონა)	მათ შორის			კონტეინერი (TEU)
		თხევადი	გენერალური	ნაყარი	
2020	16,927.2	7,763.2	6,282.3	2,881.7	483,635.0
2021	17,038.6	7,915.0	5,191.7	3,931.9	401,249.0
2022	15,288.7	5,291.1	5,293.5	4,704.1	477,080.0
2023	14,709.5	4,437.3	6,730.5	3,541.7	693,976.0
2024	15,562.3	5,236.3	7,104.6	3,221.4	636,047.0

საქართველოს საზღვაო პორტების ძირითადი პრობლემაა ნავმისადგომების შედარებით მცირე დაღრმავება. ბათუმის პორტის მაქსიმალური სიღრმე 12 მ-ია, დაახლოებით ასეთივე სიღრმისაა ფოთის პორტიც, ოღონდ ეს უკანასკნელი საჭიროებს პერიოდულად გაწმენდითი სამუშაოების ჩატარებას, რამდენადაც ისილება მდინარეების რიონის და სუფსის ჩამონატანებით. დაბალი დაღრმავების გამო ჩვენ პორტებს დიდი წყალწყვის გემების მიღება და მომსახურება არ შეუძლიათ. მართალია ანაკლიაში შესაძლებელია შედარებით უფრო დიდი - 16 მეტრის დაღრმავების პორტის მშენებლობა, რომელიც შეძლებს ყველა იმ გემის მიღებას, რომელსაც გაატარებს ბოსფორის სრუტე, მაგრამ მისი მშენებლობა ჭიანჭურდება. საქართველოს პორტების სიმძლავრეს განაპირობებს რკინიგზის

³ Новороссийский морской порт - самый большой порт России (НМТП). საიტო: <https://gelio.livejournal.com/198915.html?es=1>. სამსუნის პორტის ოფიციალური საიტი: <https://www.samsunport.com.tr/en/homepage>.

⁴ საქართველოს ნავსადგურებში და ტერმინალებში გადამუშავებული ტვირთის მოცულობა ტიპების მიხედვით. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. საიტი: <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/802/sazghvao-transportis-statistika>.

და საავტომობილო გზების მდგომარეობაც. საქართველოს რკინიგზით გადატანილი ტვირთების დინამიკა 2019-2024 წწ-ში მოცემულია მესამე ცხრილში, ხოლო საავტომობილო ტრანსპორტის შესაბამისი მაჩვენებელი მეოთხე ცხრილში.

ცხრილი 3.

რკინიგზით გადაზიდული ტვირთის წონა
ათასი ტონა⁵

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
გადაზიდვა სულ	10,860.6	11,063.3	12,130.7	14,772.8	13,551.5	13,673.6
ადგილობრივი გადაზიდვა სულ	1,722.8	1,902.6	1,844.5	1,892.6	1,621.4	1,429.5
საერთაშორისო გადაზიდვა სულ	3,876.8	3,618.8	3,555.4	4,224.9	4,219.8	4,127.2
ტრანზიტი სულ	5,261.0	5,542.0	6,730.8	8,655.3	7,710.4	8,117.0

ცხრილი 4.

საავტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდული ტვირთის წონა
ათასი ტონა

	2019	2020	2021	2022	2023
გადაზიდვა სულ	31427	31773	32122	32540	32898

საქართველოს პორტების სიმძლავრეთა ამაღლების და მათი ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთი ძირითად მიმართულებად უნდა განისაზღვროს საპორტო კლასტერების შექმნა. მსგავსი პრაქტიკა რამდენიმე დიდ მსოფლიო მნიშვნელობის პორტებშია დანერგილი. ასეთი კლასტერები გააერთიანებს პორტების მენეჯმენტის ეგიდით რკინიგზას, საპორტო ტერმინალებს და საავტომობილო ტრანსპორტის წარმომადგენლებს, რაც მოვცემს საშუალებას ტრანსპორტის ყველა სახეობა დაიტვირთოს რიტმულად, მინიმუმამდე დავიდეს სატრანსპორტო საშუალებების მოცდენები და უზრუნველყოფილი იქნას საზღვაო პორტების მენეჯმენტის ეფექტიანობის ამაღლება.

დასკვნა

საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტი წარმოდგენილია მხოლოდ ბათუმის და ფოთის პორტებით და სუფსის და ყულევის ტერმინალებით. თანამედროვე გლობალური ეკონომიკური და პოლიტიკური პროცესების გამო შუა კავკასიის სატრანზიტო დერეფნისადმი ყურადღება გაზრდილია, რაც უნდა აისახოს საქართველოს ტერიტორიაზე და მათ შორის საქართველოს საზღვაო პორტებში გატარებული ტვირთების მოცულობის ზრდაზე. ეს შესაძლებელია სატრანზიტო ინფრასტრუქტურის ყველა შემადგენლის სარკინიგზო და საავტომობილო ტრანსპორტის, პორტების და პორტებთან არსებული ტერმინალების ინფრასტრუქტურული განვითარებით და ორგანიზაციული სრულყოფით, რომლის ერთ-ერთი გამოხატულებაცაა პორტებთან სატრანსპორტო კლასტერების ჩამოყალიბება.

⁵ საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. სარკინიგზო ტრანსპორტის სტატისტიკა.

საიტი: <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/795/sarkinigzo-transportis-statistika> და

საქართველოს სტატისტიკური წელიწადი. თბილისი, 2024. გვ. 195.

გამოყენებული ლიტერატურა და წყაროები:

1. Citation: Paulauskas, V.; Paulauskas, D. Comparative Studies of Major Sea Routes. Appl. Sci. 2024, 14, 6437. <https://doi.org/10.3390/app14156437>;
2. Ganyi Zhang. Amid the disruption of ocean freight, the China-EU Rail Freight experienced a solid but asymmetrical growth in the first half of 2024. საიტი: <https://market-insights.upply.com/en/the-development-of-china-eu-rail-freight-in-the-first-half-of-2024>;
3. Новороссийский морской порт - самый большой порт России (НМТП). საიტი: <https://gelio.livejournal.com/198915.html?es=1>. სამსუნის პორტის ოფიციალური საიტი: <https://www.samsunport.com.tr/en/homepage>;
4. საქართველოს ნავსადგურებში და ტერმინალებში გადამუშავებული ტვირთის მოცულობა ტიპების მიხედვით. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. საიტი: <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/802/sazghvao-transportis-statistika>;
5. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. სარკინიგზო ტრანსპორტის სტატისტიკა. საიტი: <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/795/sarkinigzo-transportis-statistika>;
6. საქართველოს სტატისტიკური წელიწდეული. თბილისი, 2024.

Directions for increasing the efficiency of Georgian maritime transport management

Goderdzi Tkeshelashvili, Giorgi Melkadze, Tamar Kiladze

Abstract

Sea transport is considered the cheapest and most convenient type of transport. The cargo turnover of sea transport is several times higher than the total cargo turnover of all types of transport. Since Georgia has access to the open sea, which its immediate neighbors Azerbaijan and Armenia, as well as the Central Asian states, lack. Therefore, the use of the Central Caucasus transit corridor, a large part of the route of which passes through the territory of Georgia, should be economically acceptable for the above-mentioned countries, to which a large contribution will be made by Georgian maritime transport and its management. The management of Georgian maritime transport should ensure compliance with the requirements of the International Maritime Organization (IMO) and the competitiveness of Georgian ports in relation to foreign ports on the Black Sea.

Пути повышения эффективности управления морским транспортом Грузии

Годердзи Ткешелашвили, Георгий Мелкадзе, Тамар Киладзе

Резюме

Морской транспорт считается самым дешевым и удобным видом транспорта. Грузооборот морского транспорта в несколько раз превышает суммарный грузооборот всех видов транспорта. Поскольку Грузия имеет выход к открытому морю, чего лишены ее непосредственные соседи Азербайджан и Армения, а также государства Центральной Азии. Поэтому использование Центрально-Кавказского транзитного коридора, большая часть маршрута которого проходит по территории Грузии, должно быть экономически приемлемым для вышеуказанных стран, в чем значительный вклад внесет морской транспорт Грузии и его управление. Администрация морского транспорта Грузии должна обеспечить соблюдение требований Международной морской организации (ИМО) и конкурентоспособность грузинских портов по отношению к иностранным портам на Черном море.

უაკ: 338.47; 656.1.

საქართველოს საზღვაო პორტების შესაძლებლობათა ამაღლების მიმართულებები

გოდერძი ტყეშელაშვილი*, გიორგი მეღვაძე**, მანანა ლალიაშვილი***,
ეკა გაზაშვილი***

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

**დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: melkadzegeorge@mail.ru;

***დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: manana.laliashvili@gmail.com;

**დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

ელ. ფოსტა: eka.gazashvili.2603@gmail.com

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

რეზიუმე:

საქართველოსთვის ღია ზღვაში გასასვლელის არსებობა მისი გეოპოლიტიკური უპირატესობაა, რამაც მისი ეკონომიკური აღმავლობა უნდა გამოიწვიოს. რამდენადაც მეზობელი მოსაზღვრე აზერბეიჯანი და სასომხეთი, აგრეთვე შუა აზიის ხუთივე სახელმწიფო ასეთ შესაძლებლობას მოკლებულია. ეს ნიშნავს იმას, რომ საქართველოს ტერიტორიის გავლით და საქართველოს საზღვაო პორტების გამოყენებით შესაძლებელია ევროპა-აზიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სატრანზიტო დერეფნის - „შუა კავკასიის სატრანზიტო კორიდორის“, გაცილებით მეტი დატვირთვის მიღწევა, ვიდრე დღეისათვის არსებობს. აღნიშნულის ხელშემწყობ გარემოებად უნდა განვიხილოთ რუსეთის და ირანის მიმართ ეკონომიკური სანქციონება, თუმცა შედეგი ჟერჯერობით მცირეა. საქართველოს პორტების სიმძლავრეთა ამაღლებას და ამ სიმძლავრეთა ეფექტურ გამოყენებას განაპირობებს მათი არასაკმარისი დაღრმავება, რაც არ იძლევა დიდი წყალწყვის გემების მიღების საშუალებას, თუმცა არსებული რესურსების უკეთ გამოყენებაც შესაძლებელია პორტების მენეჯმენტის გაუმჯობესებით და პორტების სხვა სატრანსპორტო სისტემებთან (რკინიგზა, საავტომობილო ტრანსპორტი) შეთანხმებული მოქმედებით.

საკვანძო სიტყვები:

საზღვაო პორტები, საზღვაო ტრანსპორტი, ტრანსპორტი, მენეჯმენტი, ეკონომიკა.

შესავალი

საქართველოს რამდენიმე საზღვაო პორტი და ტერმინალი გააჩნია, მაგრამ თითქმის არ ჰყავს საკუთარი საზღვაო ტრანსპორტი, თუ არ ჩავთვლით ორ სასწავლო გემს, რომელთა წყალწყვა ათას ტონას არ აღემატება და ისინი არ მონაწილეობენ თვითბრუნვის პროცესში, რამდენადაც ასეთი მცირე ტვირთამწეობის გამო ისინი არაკონკურენტუნარიანია. ამიტომ საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტი მხოლოდ პორტებით და საზღვაო ტერმინალებითაა წარმოდგენილი, თუმცა დამოუკიდებლობის მიღებამდე საქართველოს 85 - მდე მცურავი საშუალებები - ტანკერები, თევზსაჭერი და მშრალი ტვირთის გემები და სამგზავრო

ლაინერები გააჩნდა. შესაბამისად საზღვაო ტრანსპორტის ტვირთბრუნვამ 1987 წ-ს შეადგინა 60423,4 მლნ.ტ.კმ., მაშინ როცა საქართველოს რესპუბლიკის საერთო ტვირთბრუნვა 79697,2 მლნ.ტ.კმ. იყო.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს საზღვაო ქვეყნის სტატუსიდან გამომდინარე და მის იურისდიქციაში მყოფი პორტების, ტერმინალების და საზღვაო სასწავლებლების არსებობის გამო ფუნქციონირებს სსიპ „საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტო“.

სააგენტო ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების სამინისტროს დაქვემდებარებაში იმყოფება როგორც შედარებით დამოუკიდებელი საჯარო სამართლის იურიდიული პირი და მისი ძირითადი მოვალეობაა საქართველოს სახელმწიფო დროშით მცურავი ფლოტის და საქართველოს ნავსადგურების საზღვაო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. ამასთან ერთად იგი უზრუნველყოფს:

- ზღვის გარემოს დაბინძურების პრევენციას და კოორდინაციას;
- ზღვაზე ძებნისა და გადარჩენის ოპერაციების წარმართვას საქართველოს საზღვაო აკვატორიაში, მის კოორდინაციას;
- საქართველოს ზღვის აკვატორიაში გემების მოძრაობის მონიტორინგს;
- მეზღვაურთა მომზადებისა და სერტიფიცირების სისტემის მართვას;
- სტატისტიკური აღრიცხვის წარმოებას საზღვაო ტრანსპორტის შესახებ და სტრატეგიული მიმართულებების შემუშავებას.

სააგენტოს ხელმძღვანელობს დირექტორი, რომელსაც ნიშნავს საქართველოს პრემიერ-მინისტრი ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების მინისტრის წარდგინებით. დირექტორს ჰყავს ერთი პირველი და ორი მოადგილე. პირველი მოადგილის დაქვემდებარებაშია ზღვაზე მოძრაობის და გემების გადარჩენის, საზღვაო უსაფრთხოების, მეზღვაურთა და გემების რეგისტრაციის დეპარტამენტები. ასევე გემების მოძრაობის საინფორმაციო და საზღვაო სამაშველო ოპერაციების ცენტრები.

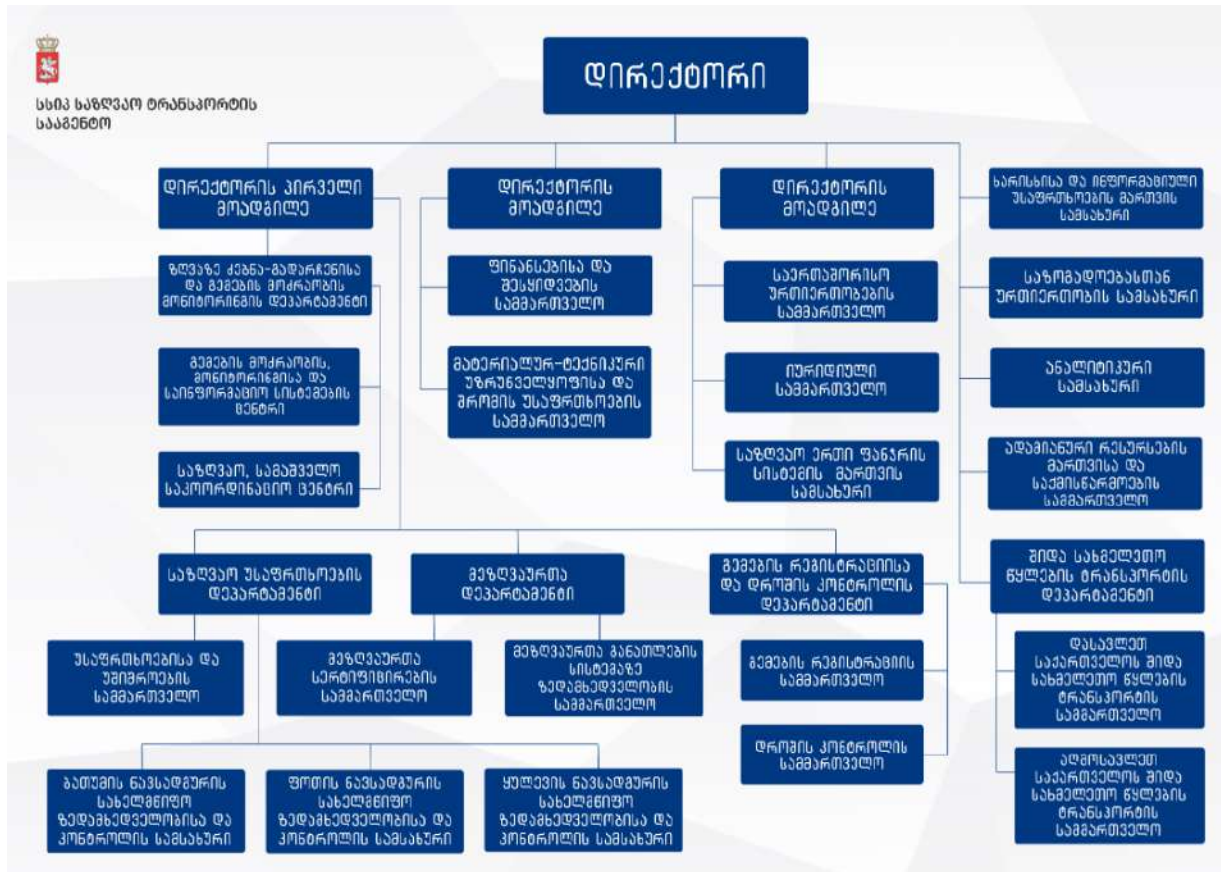
დირექტორის ერთი მოადგილე კურირებს ფინანსებს და მატერიალურ-ტექნიკურ მომარაგებას, ხოლო კიდევ ერთი მოადგილე საერთაშორისო ურთიერთობებს და იურიდიულ საკითხებს.

ხარისხისა და ინფორმაციული უზრუნველყოფის, ადამიანური რესურსების განვითარების, ანალიზის და საზოგადოებასთან ურთიერთობების სამსახურები დირექტორის უშუალო დაქვემდებარებაში იმყოფებიან. დირექტორის უშუალო დაქვემდებარებაშია აგრეთვე შიდა სახმელეთო წყლების ტრანსპორტის დეპარტამენტი, რომელიც ორი სამმართველოს სახითაა წარმოდგენილი. ესენია აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს შიდა სახმელეთო წყლების ტრანსპორტის სამმართველოები.

დირექტორის პირველი მოადგილე როგორც აღნიშნული იყო კურირებს საზღვაო უსაფრთხოების დეპარტამენტს, რომლის დაქვემდებარებაშიცაა ბათუმის ნავსადგურის სახელმწიფო ზედამხედველობისა და კონტროლის, ფოთის ნავსადგურის სახელმწიფო ზედამხედველობისა და კონტროლის, ყულევის ნავსადგურის სახელმწიფო ზედამხედველობისა და კონტროლის სამსახურები.

სააგენტოს მართვის სტრუქტურა მოცემულია ნახაზზე.

მართვის სტრუქტურულ აგებულებაში უცნაურად გამოიყურება ის გარემოება, რომ ცალკე სამსახურები არსებობს ბათუმის, ფოთის და ყულევის ნავსადგურებში უსაფრთხოების და კონტროლის სამუშაოთა განსახორციელებლად, ხოლო სუფსის ნავთობის საზღვაო ტერმინალი არ ფიქსირდება. ასევე ყურადღების გარეშეა დარჩენილი ანაკლიის ღრმაწყლოვანი პორტის პროექტი სააგენტოს მიერ. მიზანშეწონილი იქნება ამ მიმართულებებით მენეჯერული სამუშაოების შინაარსის ანალიზი და ორივე



ნახ. 1. სსიპ საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტოს მენეჯერული სტრუქტურული სქემა.

მიმართულებით საკითხის შესწავლა იმ მიზნით, რომ დადგინდეს შესაბამისი მენეჯერული რგოლების სტრუქტურაში არსებობის მიზანშეწონილობა.

2018 წლიდან საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტო ფლობს გერმანული კომპანია “TUV SUD”-ის მიერ მინიჭებული ISO 9001:2015 სტანდარტის შესაბამის სერტიფიკატს. საერთაშორისო სერტიფიკატს სააგენტო ადრეც ფლობდა ISO 9001-ს.

საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის (IMO) სავალდებულო ინსტრუმენტებით (საერთაშორისო კონვენცია ზღვაზე ადამიანის სიცოცხლის დაცვის შესახებ, 1974 წ., 1978 წლის ოქმები, ცვლილებათა მიხედვით) „მეზღვაურების მომზადების, დიპლომირებისა და ვახტის გაწევის შესახებ“ 1978 წლის კონვენცია (რეგულაცია I/8) აუცილებელ მოთხოვნას წარმოადგენს ხარისხის მართვის სისტემის დანერგვა საზღვაო ადმინისტრაციებში, ისინი გამოიყენება ადმინისტრაციების ეფექტური მართვისა და რისკების სწორი ანალიზისთვის. აღნიშნულის შესაბამისად, საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტო იყო ერთ-ერთი პირველი საჯარო სამართლის სამსახური, რომელმაც 2012 წელს დანერგა საერთაშორისო დონის

ხარისხის მართვის სისტემა, ხოლო 2018 წ-ს ISO 9001:2015 სტანდარტის განახლებული ვერსიის დანერგვით შეინარჩუნა ლიდერული პოზიცია (დასტურდება სააგენტოს მიერ 2018 წლის 24-26 აპრილს წარმატებით გავლილი ხელახალი სერტიფიცირების აუდიტით, ISO 9001:2015 სტანდარტის განახლებული ვერსიის მოთხოვნების მიხედვით).

სტანდარტის განახლებული ვერსია საკმაოდ განსხვავდება ძველი ვერსიისგან და ორგანიზაციისთვის შემდეგ უპირატესობას იძლევა:

- წარმოადგენს რისკებზე ორიენტირებულ დაგეგმვის მქონე პრინციპებს;
- იძლევა გაწეული საქმიანობის უკეთ გაანალიზების საშუალებას და მის საფუძველზე საუკეთესო პრაქტიკის გამოყენებას;
- ნაკლებად ბიუროკრატიულია დოკუმენტაციისადმი და უფრო მეტად სისტემის შედეგიანობასა და გაუმჯობესებაზე ორიენტირებული მიდგომაა;
- ორგანიზაციის საქმიანობის გაუმჯობესებას, რაც გადამწყვეტია კონკურენტუნარიანობისას.

საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტოში დინამიურად, წელიწადში ერთხელ ტარდება გარე სადამკვირვებლო მენეჯმენტის ხარისხის აუდიტი სასერტიფიკაციო ორგანიზაციის მიერ, რითაც დადასტურდება დანერგილი ხარისხის მართვის სისტემის შესაბამისობა მინიჭებულ საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნებთან.

საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიაში ნაოსნობის უსაფრთხოებაზე სახელმწიფო ზედამხედველობას (კონტროლს) ახორციელებს სააგენტო თავისი სტრუქტურული რგოლის - ნავსადგურების სახელმწიფო ზედამხედველობის სამსახურის მეშვეობით, რომელსაც ხელმძღვანელობს სააგენტოს მიერ დანიშნული ნავსადგურის კაპიტანი. ნავსადგურის კაპიტანად ინიშნება პიროვნება, რომელსაც აქვს განათლება „გემთწამყვანის სპეციალობით“, 3000 ტონაზე მეტი საერთო წყალწყვის გემის კაპიტნის წოდება (სერტიფიცირება) და მინიმუმ ერთ წლიანი ნაოსნობის გამოცდილება კაპიტნის წოდებით. ნავსადგურის სახელმწიფო კონტროლის და ზედამხედველობის სამსახურის ვალდებულებაა შესაბამის ნავსადგურებში ნაოსნობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა - ზედამხედველობა და კონტროლი, ნავსადგურში შემავალი (გამავალი) გემების კონტროლი „ნავსადგურის წესების“ შესაბამისად; საქართველოს ნავსადგურებში შემოსული გემების მიერ საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებების და საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნების შესრულებაზე ზედამხედველობა, აგრეთვე შავი ზღვის ქვეყნების მემორანდუმის (რეგულაციების) კონტროლი (BS MoU-ს ფარგლებში). საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრომ 2023 წ-ს დაამუშავა საქართველოს 2023-2030 წლების ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის ეროვნული სტრატეგია, რომელშიც დააფიქსირა საზღვაო პორტების საერთო პრობლემები. ასეთებად გვევლინება: პორტების არასაკმარისი საიმედოობა; მოუხერხებელი სახმელეთო წვდომა; სანავსადგურო მომსახურების მაღალი ტარიფები, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში არ არის გამჭვირვალე.

მაღალი ტარიფების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია ნავმისადგომებზე ტვირთების დამუშავების და გემების მომსახურების მაღალი ღირებულება, რისი შემცირებაც შესაძლებელია გემების მიღების რიგითობის ოპტიმიზაციით და დატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციათა რითმულობის უზრუნველყოფის მათემატიკური მეთოდების დანერგვით.

დღეს უკვე გავრცელებულია ტვირთის გადატანის დეტერმინისტული მოდელები. ამ დეტერმინისტული მოდელების გამოყენებისას, ვარაუდობენ, რომ საზღვაო და მდინარის გემების ტერმინალში ჩამოსვლა მოვლენათა რეგულარული ნაკადია, სადაც გემები ერთიმეორის მიყოლებით ჩამოდიან მკაცრი გრაფიკით, რეგულარული ინტერვალებით. თუმცა, დეტერმინისტული მოდელები არ ითვალისწინებენ რეალურად როგორ ფუნქციონირებს სატვირთო ტერმინალები. სინამდვილეში გემების ჩამოსვლა ტერმინალში არის მოვლენების არარეგულარული ნაკადი. საზღვაო და მდინარის გემების და გემების ტერმინალამდე მიღწევის დრო, ხშირ შემთხვევაში გადაიხრება სავარაუდოდან მრავალი მიზეზის გამო, რომელიც არ არის გათვალისწინებული გრაფიკით. ეს შეიძლება შეიცავდეს ამინდის პირობებს, მარშრუტების განახლებებს და სხვა რიგ მიზეზებს. ყველა ეს გადახრა, როგორც წესი, შემთხვევითი ხასიათისაა. ამიტომ გემების რიგითობის დაგეგმვისას გამოიყენება ალბათობის თეორიის შესაბამისი მეთოდები.

პორტების დატვირთვის რიტმულობის უზრუნველსაყოფად მნიშვნელოვანია მენეჯმენტის თანამედროვე მოწინავე მეთოდების გამოყენება. მაგალითად პროგნოზირების მათემატიკური მეთოდები, როგორც ხაზობრივი, ისე არახაზობრივი ფუნქციის გამოყენებით. მათემატიკური მეთოდები იძლევიან ამოცანების ოპტიმიზაციის საშუალებას და მსგავსი პრობლემატიკის წინაშე საზღვაო პორტები ხშირად იმყოფებიან. პორტების წინაშე დგას ამოცანა მიღწეული იქნას მაქსიმალური შედეგები რამდენიმე მახასიათებლის მინიმიზაციის პირობებში. მაგალითად შეიძლება დაისვას ამოცანა ტვირთების მაქსიმალური დამუშავების შესახებ დამუშავების თვითღირებულების მინიმიზაციის პირობით.

ოპტიმალურობის ამოცანა ყალიბდება რესურსცენტრის შემოსაზღვრულობის გამო. ოპტიმალური გეგმის ძიება მიმდინარეობს იმ უამრავ ვარიანტთა შორის, რომლებიც არ არღვევენ შეზღუდვებს, განპირობებულს რესურსების სახეზე არსებობით.

საქართველოს პორტების სიმძლავრეების ზრდის ერთ-ერთი მიმართულებაა პორტებთან სატრანსპორტო კლასტერების ჩამოყალიბება იმ მიზნით, რომ ტვირთების სწრაფად გადაგზავნა განხორციელდეს პორტებიდან ქვეყნის შიგნით, ან სატრანზიტო მიმართულებებზე.

დასკვნა

საქართველოს პორტების სიმძლავრეთა ზრდა შეზღუდულია ტექნიკურად ნავმისადგომების დაღრმავების სიდიდით და კლიმატური პირობებითაც. კერძოდ ხშირია ზამთრის პერიოდში ზღვის დეღვის ამპლიტუდა. თუმცა ორგანიზაციულ-მენეჯერული ღონისძიებების გატარებით შესაზღვრელია პორტების მწარმოებლურობის ამაღლება, რაც მიიღწევა უპირველესად მენეჯმენტის ოპტიმიზაციით, რომელშიც იგულისხმება მომსახურების საიმედოობის ამაღლება, სამუშაოების დაგეგმვაში თანამედროვე ინფორმაციის დამუშავების და გადაცემის სისტემების დანერგვა და პორტებთან კლასტერული გაერთიანებების ჩამოყალიბება, სადაც გაერთიანდება პორტები, საქართველოს რკინიგზა და საავტომობილო ტრანსპორტი.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. Народное хозяйство Грузинской ССР в 1987 году. Тбилиси 1988;

2. საქართველოს საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტოს ოფიციალური საიტი: <https://www.mta.gov.ge/ka>;
3. საქართველოს 2023-2030 წლების ტრანსპორტისა და ლოგისტიკის ეროვნული სტრატეგია, თბილისი, 2023. ხელმისაწვდომია საიტზე: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.economy.ge/uploads/files/2017/transport/2023/strategy/transportisa_da_logistikis_strategia_2023_2030.pdf;
4. Igor Rusinov¹, Irina Gavrilova¹, and Aleksandr Bersenev. Cargo handling processes during containerized shipments: mathematical modeling, optimality criteria. MATEC Web of Conferences 239, 03011 (2018). საიტი: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823903011>;
5. Daniela Ambrosino, Claudia Caballini, Silvia Siri. A mathematical model to evaluate different train loading and stacking policies in a container terminal. August 2013 Maritime Economics & Logistics Maritime Economics & Logistics;
6. საქართველოს სტატისტიკური წელიწდეული: 2024 / საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური, – თბილისი, 2024. – 291 გვ.

Directions for Increasing the Capacities of Georgian Seaports

Goderdzi Tkeshelashvili, Giorgi Melkadze, Manana Laliashvili, Eka Gazashvili

Abstract

For Georgia, the presence of an outlet to the open sea is its geopolitical advantage, which should lead to its economic prosperity. Since neighboring Azerbaijan and Armenia, as well as all five Central Asian states, are deprived of such an opportunity. This means that through the territory of Georgia and using Georgian seaports, it is possible to achieve a much greater load on one of the important transit corridors of Europe-Asia - “Central Caucasus Transit Corridor”, than it currently exists. We should consider economic sanctions against Russia and Iran as a contributing factor to this, although the result is still relatively small. The increase in the capacity of Georgian ports and the effective use of this capacity is conditioned by their insufficient deepening, which does not allow for the reception of large-draft ships, although better use of existing resources is possible by improving port management and coordinated action of ports with other transport systems (railway, road transport).

Направления увеличения пропускной способности морских портов Грузии

Годердзи Ткешелашвили, Георгий Мелкадзе, Манана Лалиашвили,

Эка Газашвили

Резюме

Для Грузии наличие выхода к открытому морю является ее геополитическим преимуществом, что должно привести к ее экономическому процветанию. Так как соседние Азербайджан и Армения, а также все пять государств Центральной Азии лишены такой возможности. Это означает, что через территорию Грузии и используя грузинские морские порты можно добиться гораздо большей загрузки одного из важных транзитных коридоров Европа-Азия - «Центрально-Кавказский транзитный коридор» - , чем это есть в настоящее время. К способствующим этому факторам следует отнести экономические санкции против России и Ирана, хотя результат все равно относительно невелик. Увеличение пропускной способности грузинских портов и эффективное использование этой пропускной способности обусловлено их недостаточным углублением, что не позволяет принимать суда с большой осадкой, хотя лучшее использование имеющихся ресурсов возможно за счет улучшения управления портами и согласованных действий портов с другими транспортными системами (железнодорожным, автомобильным транспортом).

მსოფლიო სატრანსპორტო მომსახურების განვითარების ტენდენციები

ვაჟა ზეიკიძე*, გიორგი მაისურაძე**, თამარ რუხაძე***,
თამარ ქამხაძე****, გიორგი ხვედელიძე*****

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

**პროფესორი, სტუ, ელ. ფოსტა: g.maisuradze@gtu.ge;

***აკადემიური დოქტორი, მოწვეული ლექტორი, სტუ, ელ. ფოსტა: t.rukhadze@gtu.ge;

****აკადემიური დოქტორი, მოწვეული ლექტორი, სტუ, ელ. ფოსტა: t.khamkhadze@gtu.ge;

*****სტუდენტი, სტუ, ელ. ფოსტა: george.khvedelidze96@gmail.com

(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 გადაადგილებათა 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 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.

საკვანძო სიტყვები:

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

შესავალი

სატრანსპორტო მომსახურება წარმოადგენს ქვეყნის შიდა და საერთაშორისო ბაზრების ფორმირების საფუძველს, რადგან წარმოადგენს 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, მიმღებებსა და გამომღებებს. 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 ინვესტიციების 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 გაფართოებამ, 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%. 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 ტვირთზიდვების ინტენსივობას ექსპერტები ტრადიციულად სამ რეგიონს გამოყოფენ: დასავლეთ ევროპას, შორეულ აღმოსავლეთს და აშშ-ს. მათზე მოდის მსოფლიო საჰაერო ტვირთბრუნვის 2/3. 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-ში. 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 ტვირთზიდვის წილი ძალიან დაბალია და მასზე მოდის მსოფლიო ტვირთზიდვის 3 პროცენტი, რაც გამოწვეულია გადაზიდვების მაღალი ღირებულებით და ამ სფეროში მომქმედი დიდი შეზღუდვებით. საავიაციო ტრანსპორტი ძირითადად გამოიყენება მაღალუქადი 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. აღნიშნული 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 ოკიანემდე, 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 მარშუტებზე, 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 გამოიჯნას ახდენდა რკინიგზის კომპანიებსა და ინფრასტრუქტურის მართვის კომპანიების საქმიანობას შორის.

საავტომობილო 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 მამულებით.

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 ტვირთამწევობის 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 წილიმშპ.-ში 100 მილიარდ ევროს აღემატება და ეს სექტორი 2 მილიონზე მეტ ადამიანს ასაქმებს. როგორც ევროპული რკინიგზის ისე საჰაერო მოძრაობის მართვა მნიშვნელოვანი თემაა სადაც ინდივიდუალური 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 წარმოდგენილია ნედლეულის, საკვებისა და სამრეწველო საქონლის ტრანსპორტირება (ექსპორტი/იმპორტი). გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან მოყოლებული ევროკავშირის საზღვაო ვაჭრობის ზრდა წელიწადში 4%-ს შეადგენს. საზღვაო გადაზიდვების მოცულობის ზრდა ევროპის კონტიგენტზე მომდევნო 30 წლის გამძაფრობაში გათვალისწინებულია 150-250%-ის ფარგლებში.

ევროპელი 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 ტვირთზიდებში. სატრანსპორტო დერეფნების განვითარებისა და სატრანსპორტო ტვირთზიდების შეფერხების მიზეზია გარემოსდაცვითი საკითხები, ამდენად სატრანსპორტო დერეფნების განვითარება ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით მჭიდრო კავშირში უნდა იყოს გარემოზე ზემოქმედების შეფასებასთან, რათა ტვირთზიდვამ 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.
4. ენერგოეფექტური სატრანსპორტო სისტემა [ISO Consulting Blog](https://isoconsultingblog.com/2021/07/27/energy-efficient-transport-system/) Jul 27, 2021
5. საქართველოში „ჭკვიანი სატრანსპორტო სისტემების“ დანერგვა საერთაშორისო სატრანსპორტო გადაზიდვებს გაამარტივებს.
6. ლარსენი, ჯოსეფ. 2017. საქართველო-ჩინეთის ურთიერთობები: „სარტყელისადაგზის“ 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, 20014
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 world transport services

Vaja Zeikidze, Giorgi Maisuradze, Tamar Rukhadze,

Tamar Khamkhadze, Giorgi Xvedelidze

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.

Тенденции развития мировых транспортных услуг
Важа Зейкидзе, Георгий Майсурадзе, Тамар Рухадзе,
Тамар Камхадзе, Георгий Хведелидзе

Резюме

В статье анализируются тенденции мировых транспортных услуг, дается место и роль транспортной системы в формировании мирового ВВП. Развитие мировой транспортной инфраструктуры позволяет существенно снизить издержки, связанные с перемещением товаров, услуг и работ. Опыт формирования мировой транспортной инфраструктуры показывает, что окупаемость инвестиций имеет длительный период, поэтому государство должно активно участвовать в этом процессе. В представленной статье также рассматриваются отдельные виды транспорта, входящие в мировые транспортные системы, которые вносят существенный вклад в развитие транспортной системы в целом. Мировая транспортная инфраструктура развита в таких странах, как Евросоюз, США и Япония. В странах Евросоюза по грузоперевозкам лидирует автомобильный транспорт. Далее следует железнодорожный транспорт - 25%, а остальное представлено морским и внутренним водным транспортом. Что касается международных морских грузовых перевозок, то основными «морскими» странами являются Греция, Великобритания, Финляндия, Норвегия и Япония. По воздушному транспорту и интенсивности грузоперевозок специалисты традиционно выделяют три региона: Западная Европа, Дальний Восток и США. На их долю приходится 2/3 мирового грузооборота авиаперевозок.

დასაქმებულთა ფსიქოსოციოლოგიური რისკები და მათი შეფასება

ნანა კიკნაძე*, ნატო კიკნაძე**

**ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: n.kiknadze@gtu.ge;

***ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: kiknadze771@gmail.com

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

რეზიუმე:

ნაშრომში აღწერილია სამუშაო ადგილზე პერსონალის ფსიქოსოციოლოგიური რისკების ცნება, რომელიც მოიცავს სტრესს, დეპრესიას, ფსიქოლოგიურ შევიწროებას, რომლებიც სამუშაო პირობებითაა გამოწვეული. განხილულია ფაქტორების იდენტიფიცირება და იმ რისკ ფაქტორების განსაზღვრა, რომელთა ზეგავლენით გამოწვეულია ფიზიკური და ქრონიკული დაავადებები, რომლებიც გავლენას ახდენს ადამიანთა ჯანმრთელობაზე და მათ შრომისუნარიანობაზე. აღწერილია თუ როგორ არის სამუშაო რისკი დაკავშირებული სამუშაო ადგილის სპეციფიკურ მახასიათებლებთან. მოცემულია სხვადასხვა ქვეყნების იურიდიულად სავალდებულო მარეგულირებელი მიდგომები, აღნიშნულია სამუშაო ადგილზე ფსიქოსოციალური ფაქტორების შეფასების, ასევე პერსონალის ფსიქოემოციური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის აუცილებლობა. მენეჯმენტის მიერ სამუშაოს სწორი ორგანიზება საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ სამუშაო ადგილზე პერსონალის ფსიქოლოგიური მდგომარეობა, შევძლოთ სტრესის მართვა, დეპრესიის დაძლევა და გავზარდოთ შრომის პროდუქტიულობა, რისი მიღწევაც შესაძლებელია პერსონალის პროფესიული მომზადებისა და კვალიფიკაციის ამაღლების მეშვეობით, წამახალისებელი ზომების გატარებითა და ფსიქოლოგიური განტვირთვის ადგილების შექმნით.

საკვანძო სიტყვები:

სამუშაო გარემო, ფსიქოსოციალური ფაქტორები, ფსიქიკური ჯანმრთელობის რისკი, დეპრესია, სამუშაო სტრესი, დემოტივაცია.

ფსიქიკური ჯანმრთელობა არის ქცევითი ჯანმრთელობის კომპონენტი, რომელიც მოიცავს ადამიანის ემოციურ, ფსიქოლოგიურ და სოციალურ კეთილდღეობას. იგი საშუალებას გვაძლევს გავუმკლავდეთ ცხოვრებისეულ სტრესს, გავაცნობიეროთ ჩვენი შესაძლებლობები, ვისწავლოთ, ვიმუშაოთ და წვლილი შევიტანოთ საზოგადოებრივ ცხოვრებაში. ნებისმიერ მომენტში გარკვეულმა ფაქტორმა შეიძლება გამოიწვიოს მენტალური ჯანმრთელობის ან შელახვა ან პირიქით გაუმჯობესება. სამუშაო პირობებსა და ადამიანურ ფაქტორებს შორის ნეგატიურმა ურთიერთქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ბიოქიმიური და ნეიროჰორმონალური ცვლილებები, რაც დასაქმებულთა ჯანმრთელობის ფსიქოსომატური გადახრების დამატებით რისკს ქმნის. ფსიქიკური მდგომარეობა მჭიდრო კავშირშია ფიზიკურ მდგომარეობასთან, რაც მრავალი სახის ფიზიკური და ქრონიკული

დაავადებების გამომწვევია, როგორცაა: დიაბეტი, თავის ტკივილი, ფარისებრი ჯირკვლის პრობლემები, კუჭ-ნაწლავის დაავადებები, ჰიპერტენზია, გულის დაავადებები, ინსულტი და ა.შ. სამუშაოსთან დაკავშირებულ სტრესის მიღებისას შეიძლება გამოვლინდეს ასევე ქცევითი დარღვევები, ნერვული გადაღლა, პროფესიული გადაწვა, ასევე ფსიქოლოგიური ეფექტები, როგორცაა: შფოთვა, მეხსიერების დაქვეითება, დეპრესია და ა.შ. ფსიქიკური ჯანმრთელობის მსოფლიო ფედერაციის მიერ დაარსდა „ფსიქიკური ჯანმრთელობის მსოფლიო დღე“, რომელიც ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მხარდაჭერით ყოველწლიურად 10 ოქტომბერს აღინიშნება.

წარსულში ანგარიშს არ უწევდნენ დასაქმებულთა ფსიქიკურ მდგომარეობას და არც მათ საქციელს უკავშირებდნენ მენტალურ პრობლემებს, მაგრამ ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში ეს თემა მეტად მნიშვნელოვანი გახდა. მაგალითად, მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) გამოქვეყნებულ სამეცნიერო ბრიფინგში ნათქვამია, რომ COVID-19 პანდემიის პირველ წელს მენტალურად დაავადებული ხალხის რიცხვი მსოფლიოში 25%-ით გაიზარდა.

დასაქმებულები, ხშირად მუშაობენ სახიფათო სამუშაო გარემოში, მუშაობენ ზედმეტი დროის ფარგლებში, მცირედ ან საერთოდ არ აქვთ წვდომა სოციალურ ან ფინანსურ დაცვაზე და აწყდებიან დისკრიმინაციას, რამაც შეიძლება შეარყიოს ფსიქიკური ჯანმრთელობა.

შვედეთმა 2015 წელს და დანია 2020 წელს მიიღეს იურიდიულად სავალდებულო მარეგულირებელი მიდგომები, რომლებიც დამსაქმებლებს ავალდებულებენ სამუშაო ადგილზე რეგულარულად შეაფასონ, გააუმჯობესონ და აკონტროლონ კონკრეტული ფსიქოსოციალური რისკის ფაქტორები, როგორცაა მაღალი დატვირთვა, ემოციური მოთხოვნები და ბუღინგი, იაპონია კი 2015 წლიდან დამსაქმებლებს ავალდებულებს სტრესის შემოწმების პროგრამის და ფსიქიკური ჯანმრთელობის პრობლემების მონიტორინგის განხორციელებას. დანარჩენი ქვეყნის მთავრობებმა კი შეიმუშავეს ნაკლებად სავალდებულო ეროვნული პოლიტიკა, სტანდარტები და გაიდლაინები. მაგალითად, როგორცაა გაერთიანებული სამეფოს ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების აღმასრულებელი მენეჯმენტის სტანდარტები ფსიქოსოციალური სამუშაოს რისკებისთვის და კანადის ეროვნული სტანდარტი სამუშაო ადგილზე ფსიქოლოგიური უსაფრთხოების შესახებ.

სამუშაო ადგილზე ფსიქიკური ჯანმრთელობის რისკი, რომელსაც ფსიქოსოციალურ რისკსაც უწოდებენ, შეიძლება დაკავშირებული იყოს სამუშაო გრაფიკთან, სამუშაო ადგილის სპეციფიკურ მახასიათებლებთან ან კარიერული განვითარების შესაძლებლობებთან. ფაქტი ისაა, რომ სამუშაოსთან დაკავშირებული პრობლემები უარყოფითად მოქმედებს მუშაკთა ფსიქიკურ მდგომარეობაზე, რის გამოც გლობალურად, ყოველწლიურად დაახლოებით 12 მილიარდი სამუშაო დღე იკარგება. სამუშაო ადგილზე ფსიქოლოგიური მდგომარეობის ერთ-ერთი მთავარი განსაზღვრელი ფაქტორი სტრესის დონეა, რომელიც არის ორგანიზმის რეაქცია სხვადასხვა გარემო ფაქტორების (ფიზიკური და ფსიქოლოგიური) უარყოფითი ზემოქმედების საპასუხოდ, რომელიც ასოცირდება პროფესიულ საქმიანობასთან.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს სამუშაო სტრესის გამომწვევი მიზეზების განსაზღვრა და სტრესული სიტუაციების მართვის მეთოდები. სტრესული მდგომარეობის სამართავად მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ მისი გამომწვევი მიზეზები, როგორიცაა:

- დამსაქმებელს და დასაქმებულს შორის ცუდი კომუნიკაცია.
- თანამშრომლების გადატვირთვა და დემოტივაცია.
- ემოციური გადაღლა.
- მუდმივი წნეხის ქვეშ ყოფნა.
- შეცდომების დაშვების შიში, რომელიც შეიძლება სამსახურის დაკარგვის შიშით იყოს გამოწვეული.
- გადაჭარბებული დატვირთვა.
- პერსონალის ნაკლებობა და ა.შ.

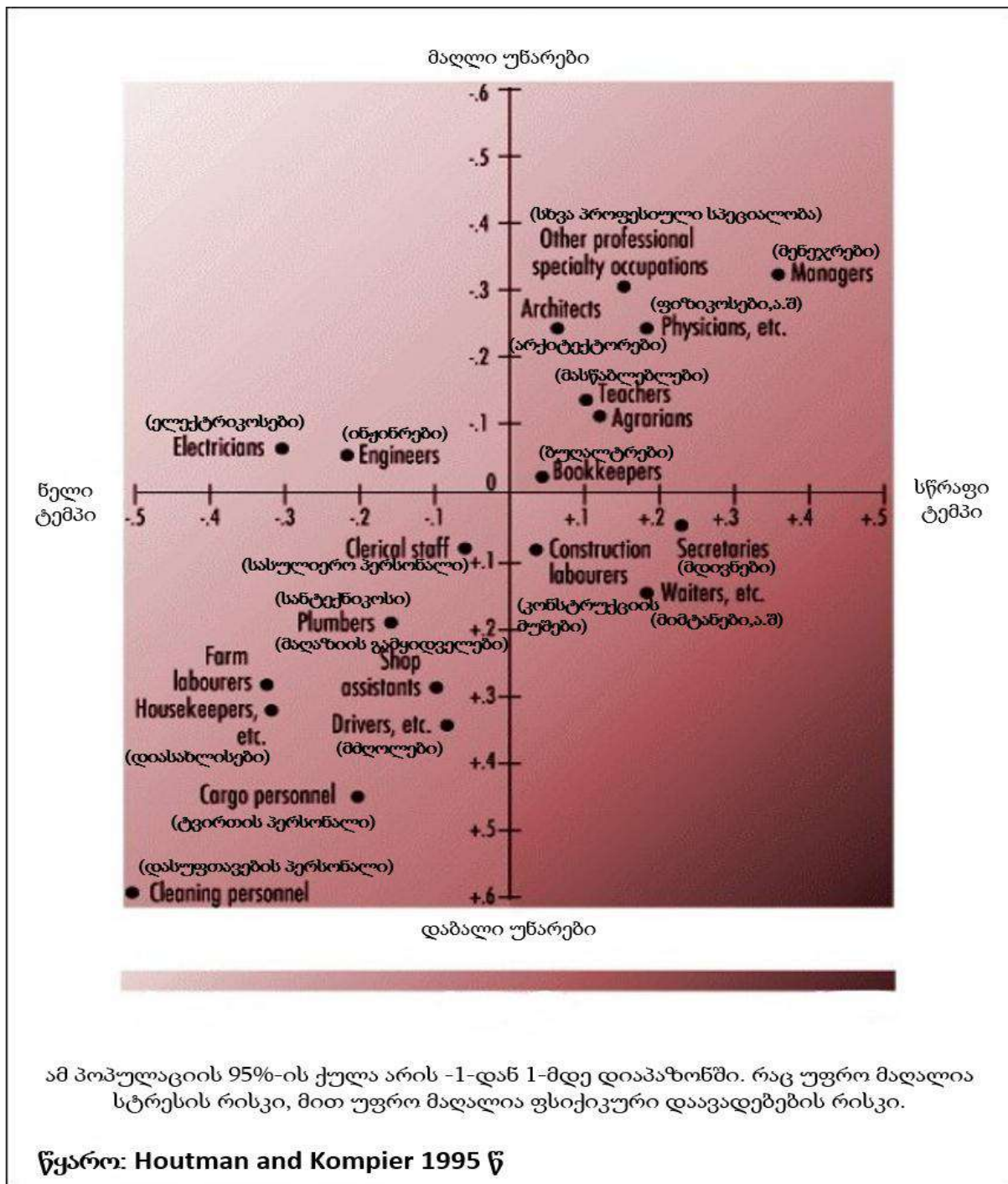
ფსიქიკურ მდგომარეობასა და სამუშაოს შესრულების ხარისხს შორის არსებობს მჭიდრო კავშირი, რაც შემდეგში გამოიხატება: მაგალითად, როდესაც ადამიანი ემოციურად თავს გრძნობს კარგად, უფრო ადაპტირებული და მოქნილია, შესაბამისად სამუშაოსაც უკეთ ართმევს თავს, ხოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში, ცუდი ფსიქიკური ჯანმრთელობა იწვევს სამუშაოში ჩართულობის ნაკლებობას, დემოტივაციას, ყურადღების გაფანტვას, პროდუქტიულობის, ფიზიკური შესაძლებლობების და ყოველდღიური ფუნქციონირების შემცირებას, კომუნიკაციის პრობლემებს, (რამაც შეიძლება გამოიწვიოს გაურკვევლობა, პასიურ-აგრესიული საუბარი ან თუნდაც დაპირისპირება), იმპულსების კონტროლის ნაკლებობას, სწორი გადაწყვეტილებების მიღების უუნარობას, (რაც თავისთავად შეიძლება შეხვედრების გაცდენის, დაგვიანების, მოვალეობის შესრულების შეწყვეტის წინაპირობა გახდეს) და სხვა.

ოც წელიწადი დაკვირვებების შედეგად მეცნიერებმა დააგროვეს უზარმაზარი ფაქტობრივი მასალა სამუშაოსთან დაკავშირებული სტრესის ნეგატიური ზემოქმედებების შესახებ, რომელიც გავლენას ახდენს დასაქმებულთა ფიზიკურ და ფსიქიკურ ჯანმრთელობაზე და დღეისათვის აღიარებულია, როგორც გლობალური პრობლემა.

მიუხედავად იმისა, რომ ფსიქოლოგიური რისკები ყველა სექტორში გვხვდება, ზოგიერთი მუშაკი უფრო მეტად ექვემდებარება მათ, ვიდრე დანარჩენები, რაც დაკავშირებულია სამუშაოს სპეციფიკასთან და რაც ზრდის სამუშაო ადგილზე მუშაკთა ტრავმების ალბათობას. აქედან გამომდინარე, შესაძლო სტრესის თავიდან აცილების მიზნით მიზანშეწონილია დამსაქმებლების მიერ სტრესის ძირითადი მიზეზების ერთი ან მეტი მახასიათებლის იდენტიფიცირება (სამუშაო ადგილის ირაციონალური ორგანიზება, ხშირი დაღლილობისა და ცუდი განწყობის შეგრძნება, გადაჭარბებული თვითკრიტიკა, პრეფექციონიზმი, კონფლიქტები სამსახურში), ასევე ისეთი პრევენციული ღონისძიებების გატარება, როგორიცაა ფსიქოსოციალური საფრთხეების აღმოფხვრა ან ამ საფრთხეების მინიმუმამდე დაყვანა, რომლის განხორციელება შესაძლებელია თანამშრომლების ფსიქოემოციური მდგომარეობის სისტემატიური შეფასების საფუძველზე. სამუშაოსთან დაკავშირებული სტრესით გამოწვეული ზიანის შემთხვევაში დამსაქმებლის მხრიდან ბრალეულობის პრეზუმცია, რა თქმა უნდა აადვილებს დასაქმებულთა ფსიქოსოციოლოგიური რისკებისაგან დაცვის ამოცანას. მაგალითად, იტალიაში დასაქმებული ვალდებულია დაამტკიცოს სტრესით გამოწვეული ზიანი და ასევე დაამტკიცოს მისი კავშირი დამსაქმებლის მიერ ვალდებულებების შეუსრულებლობასთან.

ნიდერლანდებში ჩატარდა კვლევები, რომლებმაც აჩვენა სამუშაოს ტემპთან შედარებით უნარების დონე და წარმოადგინა მათი დამოკიდებულება სტრესის დონესა და ფსიქიკური ჯანმრთელობის რისკებთან.

სურათი 1. ასახავს სხვადასხვა პროფესიისთვის სამუშაო ტემპისა და უნარების მიხედვით სტრესისა და ფსიქიკური ჯანმრთელობის რისკებს.



სურ. 1.

ასევე განვიხილოთ სამუშაო ზონაში არსებული ფსიქიკური ჯანმრთელობის რისკ-ფაქტორები:

- არასაკმარისი კვალიფიკაცია და კონკრეტული სამუშაოსათვის უნარების არასაკმარისი გამოყენება;
- სამუშაო გადატვირთვები;
- საჭირო პერსონალის ნაკლებობა;
- მონიტორინგის არარსებობა;
- მაღნე და სახიფათო საწარმოო ფაქტორები;
- ძალადობის, შევიწროების ან ბულინგის გამოვლენები;

ამჟამად, მსოფლიოს მოსახლეობის თითქმის 60%-ია დასაქმებული. შესაბამისად ყველა მუშაკის სამუშაო გარემო უნდა იყოს ადგილი, სადაც თანამშრომლების, მომხმარებლებისა და თავად დამსაქმებლების ფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ მდგომარეობას თანაბარი ყურადღება ექცევა, რაც მენეჯმენტის სწორი ორგანიზებით, დაგეგმვით, კორდინირებითა და კონტროლით არის შესაძლებელი და რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო და ჯანსაღ გარემოს შექმნას, ამცირებს სამსახურში კონფლიქტებსა და დაძაბულობას, აუმჯობესებს დასაქმებულთა თვითდაჯერებულობასა და ზრდის შრომის ნაყოფიერებას.

რისი გაცემება შეუძლია დამსაქმებელს

- თანამშრომლების დახმარების პროგრამა (EAP), ეხმარება თანამშრომლებს პირად ან სამუშაოსთან დაკავშირებულ პრობლემებში, იგი ეხება ისეთ საკითხებს, როგორიცაა გამოწვევები ურთიერთობებში, ტრამვული მოვლენები, ძალადობა სამუშაო ადგილზე და ა.შ.
- დასასვენებელი ადგილები- შესვენებებზე განტვირთვისა და სტრესის მოსახსნელად.
- პერიოდულად სხვადასხვა კითხვარის შევსება ფსიქიკური მდგომარეობის შესამოწმებლად.
- უფასო ან სუბსიდირებული შემოწმებები ფსიქიკური ჯანმრთელობის პროფესიონალებისგან.
- ქოუჩინგის სერვისები სერტიფიცირებული მწვრთნელებისგან ხედვის არის გაფართოების მიზნით.
- ჯანმრთელობის დაზღვევა ფსიქიკური ჯანმრთელობის შეღავათებით.

რისი გაცემება შეუძლია დასაქმებულს

- თანამშრომლებმა უნდა ისარგებლონ დამსაქმებლის პროგრამებით, რათა მიიღონ საჭირო მხარდაჭერა.
- იმისთვის, რომ მენტალურ ჯანმრთელობაზე სტიგმა შემცირდეს, საჭიროა გამოცდილების გაზიარება თანამშრომლებს შორის.
- ყოველდღიურად სამუშაო სტრესის დასაძლევად თანამშრომლებმა საკუთარ თავზე უნდა იმუშაონ, რათა განივითარონ ჯანსაღი აზროვნება, ურთიერთობები და თვითშეფასება, ამაში შეიძლება დახმარება გაწიოს ჯანსაღმა კომუნიკაციამ, პოზიტიურმა თვით-საუბარმა.
- სამუშაოში შესვენებები შეიძლება გამოყენებული იყოს არა მარტო ლანჩისათვის, არამედ თავის მოვლისთვისაც, მაგალითად ინსპირაციული პოდკასტების მოსმენა, მედიტაცია, სუფთა ჰაერზე გასეირნება, ღრმა სუნთვა, ემოციური თავისუფლების ტექნიკის (EFT) გამოყენება.

- ფსიქიკურ ჯანმრთელობაზე ზრუნვა - მაგალითად რეგულარული ვარჯიში, ჯანსაღი საკვების მიღება, საკმარისი ძილი.
- სამსახურში სოციალური კავშირების გაზრდა, რაც მნიშვნელოვანია იმისთვის, რომ თანამშრომელმა სამსახურში თავი იზოლირებულად ან მარტოსულად არ იგრძნოს.

ასევე დადებით შედეგადაც იქნება კომპანიის მიერ ფსიქიკური კეთილდღეობის გამოხატული პოლიტიკის წარდგენაც, რომელიც მოიცავს ხედვას, ღირებულებებს, პრიციპებსა და მიზნებს. დღევანდელ მსოფლიოში კაპიტალიზმია გაბატონებული. გლობალური სამუშაო ძალის ნახევარზე მეტი მუშაობს არაფორმალურ ეკონომიკაში, სადაც არ არსებობს ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მარეგულირებელი დაცვა. დასაქმებული პირი დამსაქმებლის მოთხოვნების შესრულებით ირჩენს თავს. მატერიალური კეთილდღეობისაკენ სწრაფვა მრავალ კომპრომისს მოითხოვს. მსოფლიო მოსახლეობის უმეტესობას ელემენტარული ანაზღაურების მისაღებად უწევს დათმოს ძვირფასი დრო, ენერგია და, რაც მთავარია, ჯანმრთელობის თითქმის ყველა ასპექტი. ეს მუშები ხშირად მუშაობენ სახიფათო სამუშაო გარემოში, მუშაობენ ხანგძლივი საათის განმავლობაში, მცირედ ან საერთოდ არ აქვთ წვდომა სოციალურ ან ფინანსურ დაცვაზე და აწყდებიან დისკრიმინაციას, რამაც შეიძლება შეარყიოს ფსიქიკური ჯანმრთელობა.

2021 წელს სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაციამ საერთაშორისო დონეზე გამოაქვეყნა სამუშაოზე ფსიქოლოგიური უსაფრთხოების სტანდარტი. ასევე, მკვლევართა და დაინტერესებულ მხარეთა საერთაშორისო კონსორციუმმა, მათ შორის ჯანმომ, შეიმუშავა ფსიქოსოციალური რისკის მართვის ევროპული ჩარჩო. და ბოლოს, WHO-მ ახლახან გამოაქვეყნა გაიდლაინები სამუშაოზე ფსიქიკური ჯანმრთელობის შესახებ. არსებობს უამრავი კომპანია, რომელიც აშკარა სახეა იმისა, თუ როგორ შეიძლება ფსიქიკური ჯანმრთელობის პრიორიტეტულობამ გამოიწვიოს თანამშრომლების ნაყოფიერი მუშაობა და მაღალი ბრუნვის მაჩვენებელი.

ჩვენ ვიცით, რომ ჩვენი წარმატება მხოლოდ მაშინაა შესაძლებელი, როცა ჩვენს თანამშრომლებს მოვუწოდებთ, პრიორიტეტად მიიჩნიონ მათი ჯანმრთელობა, რადგანაც იგი პირადი და პროფესიული წარმატების საფუძველია. კომპანია Johnson & Johnson-ის სამუშაო ადგილის ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების პროგრამები მოიცავს მათი მტკიცე გლობალური უსაფრთხოების სტანდარტების დაცვას, რისკების შეფასებას, ვრცელ ტრენინგებს და კომუნიკაციას.

Google უკვე დიდი ხანია პრიორიტეტს ანიჭებს თანამშრომლების კეთილდღეობას და სთავაზობს მათ ფსიქიკური ჯანმრთელობის დღეებს, საკონსულტაციო მომსახურებას და გამაჯანსაღებელ პროგრამებს. რამაც ხელი შეუწყო თანამშრომლების კმაყოფილებას.

პერსონალის ფსიქოლოგიური რისკების ფაქტორების განსაზღვრა საშუალებას იძლევა შეფასდეს მუშაკთა პიროვნული მახასიათებლები და მათი ფსიქიკური კეთილდღეობისთვის შეიქმნას პირობები, როგორიცაა: დასაქმებულთა დახმარების პროგრამები ორიენტირებული ფსიქიკურ ჯანმრთელობაზე, გამაჯანსაღებელი ცენტრები სამუშაო ადგილზე, ფსიქიკური ჯანმრთელობის აპებზე წვდომა, სამუშაო ადგილი ფსიქიკური ჯანმრთელობის პრობლემებისთვის, ანაზღაურებადი დასვენების დრო, დისტანციური მუშაობის შესაძლებლობა, ოჯახური მხარდაჭერა და ზრუნვა, შესაძლებლობები საზოგადოებრივი და პიროვნული განვითარებისთვის, სივრცეები და

რესურსები თანამშრომლის ზრდის, პროდუქტიულობისა და კეთილდღეობის მხარდასაჭერად.

სამუშაო ადგილის პოლიტიკის ცენტრში ფსიქიკური ჯანმრთელობის დაყენება ბევრად მნიშვნელოვანია, ვიდრე ოდესმე, რადგან ერი ებრძვის ფინანსურ სტრესს, სამუშაო ადგილის კულტურაში ცვლილებებს და ა.შ. „ჯანსაღი სამუშაო ძალა არის ფუნდამენტი წარმატებული ორგანიზაციებისა და ძლიერი სოციუმისა.“

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. <https://www.betterup.com/blog/mental-health-in-the-workplace>
2. <https://www.google.com/about/careers/applications/benefits>
3. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3062016/>
4. Microsoft, Deloitte, Johnson & Johnson/out employees)

Психосоциальные риски сотрудников и их оценка

ნანა კიკნაძე, ნატო კიკნაძე

Резюме

В статье описывается концепция психосоциальных рисков для персонала на рабочем месте, которая включает стресс, депрессию и психологическое преследование, вызванное условиями труда. Обсуждаются вопросы выявления и определения факторов риска, вызывающих соматические и хронические заболевания, влияющие на здоровье людей и их трудоспособность. В нем описывается, как профессиональный риск связан с конкретными характеристиками рабочего места. Представлены юридически обязательные нормативные подходы различных стран, отмечена необходимость оценки психосоциальных факторов на рабочем месте, а также диагностики психоэмоционального состояния персонала. Правильная организация труда со стороны руководства позволяет определять психологическое состояние персонала на рабочем месте, управлять стрессом, преодолевать депрессию, повышать производительность труда, чего можно добиться за счет профессиональной подготовки и повышения квалификации персонала, внедрения мер стимулирования, создания мест для психологической разгрузки.

Psychosocial risks of employees and their assessment

Nana Kiknadze, Nato Kiknadze

Abstract

The article describes the concept of psychosocial risks for personnel in the workplace, which includes stress, depression and psychological persecution caused by working conditions. The issues of identifying and defining risk factors that cause somatic and chronic diseases that affect people's health and their ability to work are discussed. It describes how occupational risk is related to specific characteristics of the workplace. It presents legally binding regulatory approaches from various countries, and notes the need to assess psychosocial factors in the workplace, as well as to diagnose the psycho-emotional state of personnel. Proper organization of work by management allows us to determine the psychological state of personnel in the workplace, manage stress, overcome depression, and increase labor productivity, which can be achieved through professional training and advanced training of personnel, the introduction of incentive measures, and the creation of places for psychological relief.

რისკების მართვა მეტალურგიულ საწარმოებში

ნატო კიკნაძე*, ნანა კიკნაძე**

**ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: kiknadze771@gmail.com;

***ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: n.kiknadze@gtu.ge

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

რეზიუმე:

მეტალურგიული საწარმოები წარმოადგენენ რთული ტექნოლოგიური პროცესებით გამორჩეულ საწარმოო სისტემებს, რომლებიც დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის რისკებთან, როგორც ტექნოლოგიურ, ასევე ეკოლოგიურ, უსაფრთხოებისა და ეკონომიკურ მიმართულებაში. სტატიაში განხილულია რისკების მართვის თანამედროვე მიდგომები, მათ შორის იდენტიფიცირების, შეფასების, პრევენციისა და მონიტორინგის ეტაპები.

საკვანძო სიტყვები:

რისკების მართვა, მეტალურგია, შრომის უსაფრთხოება, საწარმოო პროცესი, პრევენცია.

შესავალი

მეტალურგიულ საწარმოებში შრომის დაცვის საკითხებს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან ეს ის დარგია, რომელიც მაღალი საფრთხის დონით ხასიათდება. საწარმოებში ხორციელდება მეტალის მოპოვება, გადამუშავება და ჩამოსხმა სხვადასხვა პროდუქციის სახით, რომელნიც ნებისმიერი მაღალგანვითარებული სახელმწიფოს ეკონომიკის საფუძველს წარმოადგენს. მეტალურგიული საწარმოები იყოფა იყოფა ორ ძირითად კატეგორიად, როგორცაა: შავი და ფერადი მეტალურგია.

შავი მეტალურგიის საწარმოები მოიცავს რკინის მადნის გამამდიდრებელ ქარხნებს, მაღალტემპერატურულ ღუმელებს (მარტენული და აფეთქებადი ღუმელები) და ფოლადის ჩამოსხმის ხაზებს.

ფერადი მეტალურგია დარგია, რომელიც მოიცავს ფერადი ლითონების მადნების მოპოვებას, გამამდიდრებას და დნობას. საამქროებში ხდება მეტალების დამუშავება, როგორცაა: ალუმინი, სპილენძი, თუთია, ტყვია, ნიკელი, ოქრო, ვერცხლი და სხვა.

შრომის დაცვის თვალსაზრისით, მეტალურგიულ წარმოებებში რამდენიმე მნიშვნელოვანი მიმართულება (ლითონების თერმული და ცივი დამუშავება, მასალების გაზ-პლაზმური დამუშავება, ლითონების აცეტილენის, ჟანგბადის, შესხურებისა და ცეცხლზე დამუშავება და სხვა) განსაკუთრებულ პროფესიულ რისკებთანაა დაკავშირებული და მოითხოვს რისკების შეფასებისა და მართვის თანამედროვე მეთოდების შემუშავებას და გამოყენებას.

ძირითადი ნაწილი

მეტალურგიულ წარმოებაში მავნე ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორები მოიცავს: სამუშაო ზონაში ტემპერატურის, ხმაურისა და ვიბრაციის დონის მომატებას, სხვადასხვა

გამოსხივების ზემოქმედებას, ჰაერის დაბინძურებას, არასათანადო განათებას, ტოქსიურ საფრთხეებს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მოწამვლა და ქიმიური დამწვრობა, ერგონომიკულ საფრთხეებს, რომელნიც კუნთოვანი სისტემის დარღვევებს იწვევს, ფსიქოლოგიურ საფრთხეებს, როგორიცაა სტრესი და გადაღლა. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი:

1. ფიზიკური რისკები: ხმაური და ვიბრაცია, განათება, გამოსხივება, მექანიკური საფრთხეები (ამ დარგში ხშირია ტრავმების საშიშროება), როგორიცაა დაჭრა, მოტეხილობები, ნაკაწრები, რომლის დროსაც უსაფრთხოების წესები და შესაბამისი აღჭურვილობის გამოყენება კრიტიკულად მნიშვნელოვანია, ასევე ელექტრული საფრთხეები მაღალ ძაბვასთან დაკავშირებული დანადგარების გამო.



სურ. 1.

2. თერმული რისკები: მეტალურგიული პროცესები ხშირად დაკავშირებულია მაღალ ტემპერატურასთან, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს სერიოზული დამწვრობები, გამოუსადეგარი ნივთიერებების ორთქლის ინჰალაცია და თერმული შოკი. დასაქმებულებმა უნდა გამოიყენონ შესაბამისი დაცვითი ტანსაცმელი (სითბოსგან დამცავი) და აღჭურვილობა.

3. ქიმიური რისკები: საწარმო ხშირად მოიცავს ქიმიურ ნივთიერებებს, როგორიცაა ცხიმები, მჟავები, სხვადასხვა ტიპის გაზების გამონაბოლქვი, როგორიცაა CO₂, CO, SO₂ და სხვა, რომელმაც შეიძლება განაპირობონ ინფექციები ან მოწამვლა, ალერგიული რეაქციები და ასფიქსია. სწორედ ამიტომ მნიშვნელოვანია ჰაერის ფილტრაცია, გათბობა და ვენტილაციის სისტემების შესაბამისი სტანდარტები.

4. ბიოლოგიური რისკები: მეტალურგიულ საწარმოს გარემოში არსებობენ ბაქტერიები, სოკოები და სხვა მიკროორგანიზმები, რომლებსაც შესაძლოა მომწამვლავი თვისებები ჰქონდეთ ან დააზიანონ მიწის ნაკვეთები.
5. ხანძრისა და აფეთქების რისკები: მაღალი ტემპერატურისა და სახიფათო ნივთიერებების არსებობის გამო საწარმოებში შესაძლოა წარმოიშვას ხანძარი ან მოხდეს აფეთქება, რისთვისაც აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა, ხანძრის კონტროლის სისტემების განლაგება და მუშების შესაბამისი მომზადება.
6. ორგანიზაციული რისკები: მომსახურე პერსონალის მიერ უსაფრთხოების წესების დარღვევა და არაკომპეტენტურობა ხშირად არასასურველ შედეგს იწვევს.
7. მიწოდების შეფერხება: წარმოებისათვის საჭიროა გარკვეული მასალები და რესურსები, რომელთა მიწოდების შეფერხება ან დეფიციტი იწვევს წარმოების შეჩერებას.
8. ტექნოლოგიური და ტექნიკური რისკები: დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლა და სისტემატური გაუმართაობა.

რისკების მართვის პრინციპები

რისკების ეფექტური მართვა მეტალურგიულ საწარმოში საჭიროებს სისტემურ მიდგომას, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

1. **რისკების შეფასება** - გულისხმობს სხვადასხვა საფრთხეების ანალიზს, უნდა განისაზღვროს საფრთხის რეალური გავლენა, გაირკვეს რისკის წარმოშობის მიზეზები, შესაძლო ეფექტები და შედეგები, ხასიათი და მასშტაბი.
2. **რისკის კონტროლი** შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა გზით:
 - **თავდაცვა**, რომელიც უნდა განხორციელდეს შესაბამისი აღჭურვილობის, უსაფრთხოების სისტემების და მომსახურე პერსონალის მიერ პირადი დაცვის საშუალებების გამოყენებით.
 - **პრევენცია** - სამუშაო პროცესების დახვეწა და უსაფრთხოების ნორმების შემოღება, რათა შემცირდეს საფრთხეების წარმოშობის ალბათობა.
 - **ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მენეჯმენტი** - პერიოდული შემოწმებები, მომსახურე პერსონალისათვის რეგულარული ინსტრუქტაჟებისა და ტრენინგების ჩატარება.
 - **რეზერვის დაგროვება** - კრიზისულ სიტუაციებში საწარმოს უნდა ჰქონდეს მზადყოფნა პრობლემის მოგვარებისათვის, მათ შორის ტექნიკური დახმარების და დამატებითი რესურსების უზრუნველყოფა.
 - **უკვე მომზადარი ფაქტორების გათვალისწინება** - წარსული შემთხვევები ან სხვა საწარმოს გამოცდილება შეიძლება დაეხმაროს საწარმოს იმ ღონისძიებების შემუშავებაში, რომელიც ხელს შეუწყობს მსგავსი რისკების თავიდან აცილებას.

რისკების შემცირებისათვის უნდა დავეყრდნოთ პრევენციის პრინციპებს:

1. რისკების აღმოფხვრა
მოვახდინოთ საშიში პროცესებისა და მასალების სრული გამორიცხვა.
2. ჩანაცვლება
საშიში მასალის ან პროცესის ჩანაცვლება ნაკლებად საშიშით.
3. საინჟინრო კონტროლი
ტექნიკური გადაწყვეტილებები, რომლებიც ფიზიკურად გამოყოფენ ადამიანს

საფრთხის წყაროსგან, როგორცაა ბარიერები ცხელ ზონაში, გამწოვი სავენტილაციო სისტემები და ავტომატიზებული დანადგარები.

4. ადმინისტრაციული კონტროლი

ორგანიზაციული ზომები, რომლებიც ამცირებენ რისკს.

5. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები

ჩაფხუტები, დამცავი ნიღბები და სათვალეები, სპეციტანსაცმელი,

სპეცფეხსაცმელი...

რისკების მართვის სტრატეგიები

მეტალურგიულ საწარმოში რისკების მართვა ითვალისწინებს ტექნიკური სტრატეგიების დანერგვას, რომელიც მოიცავს თანამედროვე ტექნოლოგიებს, რომელიც შეიძლება დაეხმაროს რისკების აღმოჩენასა და მათთან ბრძოლაში. ასევე პერიოდულ აუდიტებს, რომლებმაც შეიძლება გამოავლინოს არსებული ხარვეზები. იგი ითვალისწინებს პერსონალურ სტრატეგიებს, რომელიც გამოიხატება მომსახურე პერსონალის ტრეინინგებს და ინფორმირებულობაში, ტექნიკის გამართულობას და აღჭურვილობის ჩანაცვლებას.

ამრიგად, **სამუშაოს მიზანია** დამცავი და პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვა, განხორციელება, რეგულაციებისა და კანონმდებლობის შესრულება, რათა შემცირდეს სამუშაო პროცესში არსებული საფრთხეები, საწარმოს უსაფრთხო და ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად. რისკების მართვა, მოიცავს ყოვლისმომცველ მიდგომას, მათ შორის არა მხოლოდ საშიში მოვლენების ალბათობის შეფასებას, არამედ მათი შედეგების სიმძიმის შეფასებასაც.

დასკვნა

მეტალურგიულ საწარმოებში ხმაური პირდაპირ კავშირშია ჯანმრთელობის დაზიანებასთან და ერთ-ერთი არგუმენტია შრომის უსაფრთხოების პოლიტიკაში, რის გამოც გამოიყენება ხმაურისაგან დაცვის სისტემები. ავარიების რისკების შესამცირებლად კი ინერგება ავტომატიზირებული მართვის სისტემები, რომლებიც საშუალებას იძლევა სწრაფად იქნეს გამოვლენილი არსებული გაუმართაობა და სტანდარტებიდან გადახრები. მეტალურგიულ ინდუსტრიაში შრომის უსაფრთხოება და ეფექტური რისკების მართვა მოითხოვს რეგულარულ განახლებას. იგი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დასაქმებულთა ჯანმრთელობისა და კეთილდღეობის უზრუნველყოფაში. აგრეთვე მნიშვნელოვანია მეტალურგიულ საწარმოს მენეჯმენტში პროფესიული რისკების მართვის სისტემის გამოყენებასთან ერთად მონიტორინგის სისტემის შემუშავება, რაც ხელს შეუწყობს წარმოების ეფექტიანობის ზრდას. სწორად შერჩეული რისკების მართვის სტრატეგია შეგვიძლია საწარმოს წარმატების მნიშვნელოვან ფაქტორად მივიჩნიოთ.

გამოყენებული წყაროები და ლიტერატურა:

1. <https://www.osha.gov/noise>
2. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noise>
3. <https://www.iso.org/standard/67543.htm>
4. <https://www.tandfonline.com/toc/menh20/current>
5. <https://www.epa.gov/green-book/noise-pollution>

Risk management in metallurgical enterprises

Nato Kiknadze, Nana Kiknadze

Abstract

Metallurgical enterprises represent complex production systems distinguished by intricate technological processes. These systems are associated with various types of risks, including technological, environmental, safety, and economic risks. The article discusses modern approaches to risk management, including the stages of identification, assessment, prevention, and monitoring.

Управление рисками на металлургических предприятиях

Нато Кикнадзе, Нана Кикнадзе

Резюме

Металлургические предприятия представляют собой производственные системы, отличающиеся сложными технологическими процессами, которые сопряжены с различными видами рисков – как технологическими, так и экологическими, связанными с безопасностью и экономикой. В статье рассматриваются современные подходы к управлению рисками, включая этапы идентификации, оценки, предотвращения и мониторинга.

პერსონალის მართვის სპეციფიკა

ქეთევან კიწმარიშვილი*, ელენე კიწმარიშვილი**

**ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: anaklde@yahoo.com;

***სტუდენტი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,*

ელ. ფოსტა: kitsmarishvilielene3@gmail.com

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

რეზიუმე:

თანამედროვე სოციალურ-ფსიქოლოგიური მეცნიერების ერთ-ერთი დამახასიათებელი ნიშანია ორგანიზაციული ფსიქოლოგიის წარმოშობა და მისი სწრაფი განვითარება, რომელიც არის ახალი სამეცნიერო მიმართულება და აერთიანებს ფსიქოლოგიური, სოციოლოგიური და ეკონომიკური მეცნიერებების მიღწევებს. სოციალური ფსიქოლოგიის ამ მიმართულების წარმოშობის ობიექტურ წინაპირობას წარმოადგენს რადიკალური სოციალურ-ეკონომიკური და პოლიტიკური რეფორმები, რაც მიმდინარეობს თანამედროვე ქვეყნებში. ეს რეფორმები ადასტურებს, რომ „ადამიანური განზომილება“ გახდა ქვეყნის ორგანიზაციების განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რესურსი გადასაჭრელი ამოცანების ტიპის, შრომის საზოგადოებრივი დანაწილების ადგილის, საკუთრების ფორმის და განვითარების დონისგან დამოუკიდებლად. დღევანდელ დღეს უკვე ცხადია, რომ „ადამიანურ რესურსს“ შესწევს იმის იუნარი, რომ რამდენჯერმე გაზარდოს ორგანიზაციის ეფექტურობა ან კიდევ, ექვეყნე დააყენოს თვით მისი არსებობის შესაძლებლობა.

საკვანძო სიტყვები:

ორგანიზაციული კულტურა, შრომის საზოგადოებრივი დანაწილება, ლიდერობა, სტრატეგიული მისია.

შესავალი

„პერსონალის მართვის“ კურსის სწავლების პროცესში ერთ-ერთი მთავარი პრობლემაა შეძენილი თეორიული ცოდნის გამოყენება ორგანიზაციის პერსონალის რესურსების მართვის დროს პრაქტიკულ უნარ-ჩვევებში. „შინაარსის ცალმხრივი გადმოცემა“, ქმედითი აქტივობის არარსებობა, არ იძლევა სტუდენტების მაქსიმალურად ჩართვის საშუალებას სწავლების პროცესში. უფრო მეტიც, თეორიულად, რათქმაუნდა, დასაშვებია ინფორმაციის ათვისება იმის შესახებ, თუ როგორ განვახორციელოთ მმართველობითი ზემოქმედება, ან „გავითამაშოთ“ თათბირის ჩატარება, შევიმუშაოთ და მოვახდინოთ ასესმენტ-ცენტრის პროგრამის რეალიზება, ან შევქმნათ რწმუნებების ეფექტური დელეგირების პირობები და ა.შ. თუმცა, სამწუხაროდ ეს არ ნიშნავს, რომ შესწავლილი სქემების დანერგვა იოლად მოხდება პრაქტიკულ საქმიანობაში. სტუდენტების პრაქტიკული საქმიანობა, ტრადიციულად, უნდა მოიცავდეს შემდეგ თემებს: სიტუაციურ სწავლებას, ტრენინგებს, პრაქტიკულებს. მათ შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ექსპერიენციულ

სწავლებას. ეს სახელწოდება წარმოსდგება ინგლისურიდან experience – გამოცდილება, განცდა, რაც გულისხმობს, რომ სტუდენტმა/მოსწავლემ ათვისებული მასალა („შემენილი ცოდნა“) უნდა გამოსცადოს საკუთარ თავზე, უნდა „განიცადოს“. ამიტომ აუცილებელია ისეთი პირობების შექმნა, რომ შემსწავლელი ჩართული იყოს ამა თუ იმ სიტუაციაში (ემოციონალურ დონეზე). მაგალითად, თემის – „ორგანიზაციული კულტურა“ - შესწავლის დროს სტუდენტი ჩართულია ისეთ გარემოში, რომელიც შეესაბამება ერთობლივი საქმიანობის ამა თუ იმ ტიპს, ხოლო, ასესმენტ-ცენტრის ტექნოლოგიის საფუძვლების შესწავლის დროს იგი თანდათანობით ითვისებს მასალას, გვევლინება რა გამოსაცდელის, ფასილიტატორის, დამპროექტებლის და კონსულტატისთვის კითხვების დამსმელის როლებში. სავარჯიშოების და პროცედურების შესრულების დროს სტუდენტები გადიან არამარტო სასწავლო მასალას, არამედ, მათ ასევე საშუალება აქვთ განიცადონ შესასწავლი მასალა და დააფიქსირონ საკუთარი აზრი აღნიშნული საკითხების მიმართ. სწორედ ამ მიზნით, მოცემულ დისციპლინაში (საგანში) პრაქტიკული მეცადინეოები ძირითადად მიმდინარეობს სწავლების ამ მეთოდის მიხედვით.

ძირითადი ტექსტი

სოციალური ფსიქოლოგია გვჩვენებს, რომ ყველაზე მეტად პრობლემების მრავალგვარობაში, რომლებიც ეხება სოციალურ დეტერმინანტს და შედეგებს ორგანიზაციისგან ვითარების სამივე დონეზე:

- 1) ინდივიდუალური შრომითი გამოცდილება და ქცევა (ჩამოყალიბება, მოტივაცია, სტრესი, სამუშაოს ხარისხი, შრომითი კმაყოფილება);
- 2) კოლექტიური ფუნქციონირება (კომუნიკაციის, ლიდერობის, გადაწყვეტილებების ერთობლივი მიღების, კომპლექტის, გუნდის მშენებლობა);
- 3) ორგანიზაციის სიცოცხლისუნარიანობა (სტრატეგიული მისიის, ორგანიზაციული და კორპორაციული კულტურის, პერსონალთან მუშაობის, ორგანიზაციული ცვლილებების).

ნებისმიერი ორგანიზაციისთვის ხალხის (თანამშრომლების) მართვა წარმოადგენს მართვის სისტემის ისეთივე კომპონენტს, როგორც მატერიალური და ბუნებრივი რესურსების მართვა. თუმცა, ბუნებრივია მათ შორის მნიშვნელოვანი განსხვავების არსებობა, ამიტომ ხალხის მართვა მოითხოვს მართვის განსაკუთრებული მეთოდების არსებობას.

ფიზიკის გამოცდაზე უნივერსიტეტის ლექტორი აპირებდა თავისი სტუდენტისთვის დაეწერა დაბალი ქულა, სტუდენტი კი ამტკიცებდა, რომ ეკუთვნოდა უმაღლესი შეფასება. გადაწყვეტეს მიემართათ დამოუკიდებელი არბიტრისათვის. არჩევანი შეაჩერეს რეზერვორდზე, რომელიც იყო სამეფო აკადემიის პრეზიდენტი და ნობელის პრემიის ლაურეატი. სტუდენტს დაუსვეს კითხვა: როგორ გავზომოთ შენობის სიმაღლე ბარომეტრის საშუალებით? მისი პასუხი იყო ასეთი: უნდა ავიდეთ ამ სახლის სახურავზე, თოკის საშუალებით ეს ბარომეტრი ჩამოვუშვათ მიწამდე და გავზომოთ ამ თოკის სიგრძე. პრინციპში პასუხი იყო სრულიც და სწორიც. თუმცა არ იყო ფიზიკასთან ახლოს. რეზერვორდმა სთხოვა სტუდენტს, რომ პასუხი ყოფილიყო ფიზიკის კანონების ცოდნასთან დაკავშირებული. სტუდენტმა აი რა უპასუხა: შეიძლება ავიდეთ სახურავზე, ჩამოვაგდოთ ბარომეტრი ძირს, დავინიშნოთ ვარდნის დრო, ხოლო შემდეგ ცნობილი

ფორმულით გამოვთვალოთ შენობის სიმაღლე. ლექტორმა აღიარა, რომ პასუხი იყო სწორი და ამავე დროს ამჟღავნებდა ფიზიკის კანონის ცოდნას. თუმცა, საინტერესო იყო სხვა პასუხების გაცნობაც. მაგალითად, შეიძლება მზიან ამინდში გაიზომოს ბარომეტრის სიმაღლე და მისი ჩრდილის სიგრძე, ასე გაიზომოს შენობის ჩრდილის სიგრძეც. შემდეგ კი მარტივი პროპორციის შედგენით და ამოხსნით გავიგოთ შენობის სიმაღლე. ან, ავიდეთ კიბეზე, ბარომეტრი თანდათან გადავზომეთ კედელზე და გავაკეთოთ აღნიშვნები. დავითვალოთ რამდენჯერ გადავზომეთ, შემდეგ გავამრავლოთ ბარომეტრის დიამეტრზე და მივიღოთ შენობის სიმაღლე. შეიძლება ბარომეტრს მოვაბათ თასმა, გავაქანოთ როგორც ქანქარა და განვსაზღვროთ გრავიტაციის ძალა, როგორც შენობის ძირში, ისე სახურავზე. ამ სიდიდეებს შორის განსხვავების მიხედვით შეიძლება შენობის სიმაღლის გაგება. ყველაზე უკეთესი მეთოდი კი აი რომელია – ვიპოვოთ სახლის კომენდანტი და ბარომეტრის სანაცვლოდ გვითხრას – რა სიმაღლისაა სახლი. რეზერფორდი დაინტერესდა, ნუთუ სტუდენტმა არ იცის ამ მარტივი ამოცანის ამოხსნის საყოველთაოდ მიღებული წესის შესახებ. – რატომაუნდა ვიცი, განაცხადა სტუდენტმა, თუმცა მობეზრებული მაქვს სკოლაც და კოლეჯიც, სადაც მასწავლებლებითავს გვახვევენ საკუთარი აზროვნების წესებს.

ეს სტუდენტი, დანიელი ფიზიკოსი ნილსბორი 1922 წელს გახდა ნობელის პრემიის ლაურეატი.

ადამიანური რესურსების სპეციფიკა მდგომარეობს შემდეგში:

1. ადამიანებს აქვთ ინტელექტი, მათი რეაქცია გარედან ზემოქმედებაზე (მართვაზე) არის ემოციონალურად გააზრებული და არა მექანიკური, შესაბამისად, ორგანიზაციასა და თანამშრომელს შორის ურთიერთქმედების პროცესი არის ორმხრივი;

2. ადამიანებს აქვთ მუდმივი სრულყოფისა და განვითარების უნარი. თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის პირობებში, როდესაც ტექნოლოგიები და მათთან ერთად პროფესიული უნარები ძველდება რამდენიმე წელიწადში, თანამშრომლების უნარი-გამუდმებით სრულყონ თავისი ცოდნა და განვითარება წარმოადგენს ნებისმიერი ორგანიზაციის ეფექტური საქმიანობის ამაღლების ყველაზე მნიშვნელოვან და ხანგრძლივ წყაროს;

3. თანამედროვე საზოგადოებაში ადამიანის შრომითი საქმიანობა გრძელდება 30-50 წელი, შესაბამისად, ადამიანისა და სხვადასხვა ორგანიზაციების ურთიერთობა ატარებს ხანგრძლივ ხასიათს;

4. განსხვავებით მატერიალური და ბუნებრივი რესურსებისაგან, ადამიანები ორგანიზაციაში მეტწილად მოდიან გარკვეული მიზნებით და ელიან ორგანიზაციისაგან დახმარებას თავისი მიზნების განხორციელების საქმეში;

5. ადამიანური რესურსების არანაკლებ მნიშვნელოვანი ფაქტორია-თითოეული ადამიანის უნიკალურობა. ამიტომ, ორგანიზაციის სხვადასხვა წევრების რეაქცია ერთიდაიგივე მართვის მეთოდზე, შეიძლება იყოს სრულიად განსხვავებული.

კორპორაციულ მენეჯმენტში განხორციელებული რადიკალური ცვლილებების ფონზე, ბოლო 15-20 წელიწადში ადამიანური რესურსების მართვის სფეროში მიმდინარეობს პერსონალის მართვის გარდაქმნა. საკადრო მენეჯმენტის ასეთი ტრანსფორმაცია გამოხატულია შემდეგი ძირითადი ტენდენციების სახით:

• ბოლო წლებში განვითარებულ ქვეყნებში შეიმჩნევა დასაქმებულ ადამიანთა რაოდენობის როგორც ფარდობითი, ისე აბსოლუტური ზრდა;

- გაიზარდა ამ პროფესიის სტატუსი; უმეტეს კორპორაციებში კადრების სამსახურების (განყოფილებების) ხელმძღვანელები შევიდნენ მმართველობაში და ასევე დირექტორთა საბჭოების შემადგენლობებში;

- მნიშვნელოვნად გაიზარდა ყურადღება პერსონალის მართვის მენეჯერების პროფესიული ცოდნის დონის მიმართ;

- ზრდადი კონკურენციის პირობებში (მათ შორის მაღალი კვალიფიკაციის კადრებზე) საკადრო პოლიტიკის იზოლირება მართვის საერთო სტრატეგიიდან, დამლუპველად მოქმედებდა მთლიანად კორპორაციის წარმატებით საქმიანობაზე.

დასკვნა

შედგენილი ამ პრაქტიკულის დასრულება მოითხოვს მიღებული შედეგების და რჩევების მომავალში გათვალისწინებას. ჩვენს შემთხვევაში, თუ გავითვალისწინებთ აღნიშნული პრაქტიკულის და მისი დაწერის დროის განსაკუთრებულობას, მიზანშეწონილად ვთვლით წარსულის და მომავლის ურთიერთ-დაკავშირებას. მომავალში, ჩვენი აზრით უნდა მოხდეს სახელმწიფო ორგანიზაციების ადამიანური პოტენციალის განვითარება. დღეს-დღეობით მეტად მნიშვნელოვანია ორგანიზაციების გონივრული მართვა. ამასთან, იგულისხმება, როგორც ფიზიკური და ადამიანური კაპიტალის, ისე, სოციალური კაპიტალის მართვაც.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ქ. კიწმარიშვილი, „პერსონალის მართვა“, გამომცემლობა „სამართლიანი საქართველო“, თბილისი, 2021წ.;
2. ნ. პაიჭაძე, „ადამიანური რესურსების მართვა“, თბილისი, 2019წ.;
3. ნ. პაიჭაძე, ე. ჩოხელი, ნ. ფარესაშვილი, „ადამიანური რესურსების მენეჯმენტი“, თბილისი, 2011წ.;
4. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина, Управление персоналом: Учебник для вузов / Под ред., М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001;
5. Т.Ю. Базаров, Психологические грани изменяющейся организации. М.: Аспект пресс, 2007.

Specific of Human resources

Ketevan Kitsmarishvili, Elene Kitsmarishvili

Abstract

One of the modern socio-psychological sciencesA characteristic feature is the origin of organizational psychology and itsRapid development, which is a new scientific direction andIt combines psychological, sociological and economic sciencesachievements. The origin of this direction of social psychology is objectivethe prerequisite is a radical socio-economic andPolitical reforms that are taking place in modern countries. thisthe reforms confirm that the human dimension has become the countryOne of the important resources for the development of organizations to be solvedType of tasks, place of public division of labor, propertyRegardless of form and level of development. Today alreadyIt is clear that “human resources” will have the ability to do that several timesto increase the effectiveness of the organization or even to question its ownpossibility of existence.

Специфика управления персоналом

Кетеван Кицмаришвили, Элене Кицмаришвили

Резюме

Одной из характерных особенностей современной социально-психологической науки является возникновение и быстрое развитие организационной психологии, представляющей собой новое научное направление, объединяющее достижения психологических, социологических и экономических наук. Объективной предпосылкой возникновения этого направления социальной психологии являются радикальные социально-экономические и политические реформы, происходящие в современных странах. Эти реформы подтверждают, что «человеческое измерение» стало одним из важнейших ресурсов развития организаций в стране, независимо от типа решаемых задач, места общественного разделения труда, формы собственности и уровня развития. Сегодня уже очевидно, что «человеческий ресурс» способен многократно повысить эффективность организации или, наоборот, поставить под сомнение саму возможность её существования.

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.

FOR AUTHIORS

procedure for submission of scientific papers in journal

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

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

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

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

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

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

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

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 №2 (63) 2025

TRANSPORT AND MACHINEBUILDING №2 (63) 2025

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ №2 (63) 2025

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

გამოდის პერიოდულობით წელიწადში სამჯერ

Published periodically for three times a year

Журнал выходит в год три раза

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

დიზაინერ-დამკაბადონებელი - თეა ბარამაშვილი

Designer-Typographer - Tea Baramashvili

Дизайнер-типограф - Теа Барамашвили

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2025წ. 27 ივნისი;
გამოცემის ფორმატი 60X84 1/8; ფიზიკური ნაბეჭდი
თაბახი 11.25; საბეჭდი ქაღალდი - ოფსეტური №1.
Signed for printing 27: 06: 2025; Editor size 60X84 1/8; printed
sheet 11.25; printing paper - Offset N1.
Подписано к печати 27: 06: 2025г; Формат издания л. 60X84 1/8;
Физических печатных листов 11.25; Печатная бумага - офсетная №1.