

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ყოველკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

ISSN 1512-0996
DOI:<https://doi.org/10.36073/1512-0996>

Certificate
ICI Journals master Lists

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L

ურობები
WORKS
ТРУДЫ

N2(516)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2020

დასრულებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

საქართველოს ჟეიქნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარცაღური მუდგიდისციპლინური რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ედუქტრონულ მონაცემთა ბაზაში - Index Copernicus International.

ყვედა უფდება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სცაფიის (ჯექსცი, ფოტო, იდუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება ანც ერთი ფონმითა და საშუალებით (ედუქტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემდის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

ავტორი (ავტორები) პასუხისმგებელია სცაფიის შინაარსზე და საავტორო უფლებებისა და სამეცნიერო ეთიკის საყოველთაოდ მიღებული სხვა ნორმების დაცვაზე.

სცაფიის ავტორის (ავტორების) პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახდის პოზიციას.

საგამომცემლო სახდი „ჯექნიკური უნივერსიტეტი“ გულწრფელი მადლიერებით მიიღებს ყვედა კონსტრუქციულ შენიშვნას, წინადადებას და გამოიყენებს საქმიანობის შემდგომი სრულყოფისათვის.

მოგვწერეთ:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

მოამბერი რედაქტორი
დ. გურგენიძე

მოამბერი რედაქტორის მოაღბილემბი:

- დ. კდიმიაშვიდი
- ბ. გასიფაშვიდი
- კ. კოპადიანი

სწაგლული მღიგბნი

- ო. გორგიძე

სარედაქტორო კოლემბი:

- ა. აბშიღვა, პ. ადბნეხცი (გერმანია), ნ. ბალათურიას,
- გ. ბიბიდიშვიდი, პ. ბიედივი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, ი. გაბისონია, გ. გავანდაშვიდი,
- ჯ. გახოვიძე, თ. გედაშვიდი, ბ. გვიშიანი, ბ. გუსევი (რუსეთი), დ. დბინისი (პოლონეთი), პ. ბუნკედი (ავსტრია),
- გ. თავაძე, დ. თავხედიძე, დ. ივანოვი (რუსეთი), ნ. იმნაძე,
- ა. კაბელოვი (უბბეკეთი), ბ. კაკულიას, ვ. კვარაცხელიას,
- გ. კვესცაძე, გ. კობახიძე, მ. კოსიორ-კაბბერევი (პოლონეთი), ი. კუტუბიძე, მ. კუხაღიშვიდი, ბ. ღომსაძე,
- პ. მამელიოვი (აბერბაიჯანი), ვ. მაფვეკვი (რუსეთი),
- ნ. მახვიდაძე, ე. მეძმარიაშვიდი, ს. მინასიანი (სომხეთი),
- ს. მიპარას (იაპონია), თ. ნაწრიაშვიდი, ა. ნონეშვიდი,
- ბ. ჟუმაგლოვი (ყაბახეთი), გ. საღუქვაძე, ა. სიკორსკი (პოლონეთი), ი. სკოჩკო (პოლონეთი), რ. სტურუას,
- ა. სუბუკვი (იაპონია), გ. ცყემადაძე, ფ. უნგერი (ავსტრია),
- ა. ფაშაევი (აბერბაიჯანი), ა. ფრანგიშვიდი,
- გ. ქვარცხავას, რ. ქუთათელიაძე, ნ. ყავდაშვიდი, ნ. შავიშვიდი,
- ს. შმიდცი (გერმანია), პ. შტროერი (გერმანია),
- გ. ჩოგოვაძე, თ. ცინცაძე, თ. ძაგანია, ნ. წერეთელი,
- ბ. წვერიაძე, ნ. წიგნაძე, ა. ხვედელიძე, რ. ხუროძე,
- ი. ჯაგოდნიშვიდი.

სამმცნიერო კონსულტანტემბი:

- ა. აბრადვას, გ. აბრამიშვიდი, ჯ. ბერიძე, ჯ. გაბელიას,
- დ. გორგიძე, რ. გრიგოლიას, შ. დევანოსიძე, რ. დიაკონიძე,
- შ. დოლონაძე, ჯ. იოსებიძე, თ. კაიშაური, ც. კვიციანი,
- ი. კვესელიავას, ბ. კოვბირიძე, ნ. დოდაძე, თ. ღომინაძე,
- ნ. დომინაძე, თ. მაგნაქვედიძე, ი. მეგრელიშვიდი, გ. მედაძე,
- პ. მედაძე, მ. მეძმარიაშვიდი, დ. მძინარიაშვიდი, ბ. მხვიძე,
- თ. ნამიჩეიშვიდი, დ. ნაწროშვიდი, შ. ნაქყეობას,
- ა. სონლუდაშვიდი, თ. ფარესიშვიდი, დ. ყუფარაძე,
- ბ. შანშიაშვიდი, ა. ჩიქოვანი, თ. ჩუბინიშვიდი,
- ე. ცქიციშვიდი, ბ. ნამადაძე, კ. წერეთელი, შ. წეროძე,
- ნ. ქითანავას, მ. ხოსიფაშვიდი, თ. ჯაგოდნიშვიდი.

© საგამომცემლო სახდი „ჯექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020



Founded in 1924.

Published in quarterly editions.

Collection of Academic Works of Georgian Technical University is a multidisciplinary quarterly refereed periodical included in Index Copernicus International.

All rights reserved. No material appearing in this publication (texts, images, illustrations and other visual) can in any form or by any means (electronic or manual) be used by other parties without prior written consent of the publisher.

Infringement of copyright is punishable by law.

Author (authors) is (are) responsible for content of the article as well as protection of copyright and compliance with generally accepted norms of academic ethics.

Judgements of the author (authors) and the publishing house may vary.

Publishing House „Technical University“ is open to constructive feedback and ideas for the purpose of continuous improvement.

Contact us:

sagamomcemlosakhli@yahoo.com

EDITOR-IN-CHIEF

D. Gurgenidze

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF:

L. Klimiashvili

Z. Gasitashvili

K. Kopaliani

SCIENTIFIC SECRETARY

Iv. Gorgidze

EDITORIAL BOARD:

A. Abshilava, H. Albrecht (Germany), N. Baghaturia, G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia), M. Burjanadze, In. Burkov (Russia), G. Chogovadze, L. Dzienis (Poland), T. Dzagania, I. Gabisonia, J. Gakhokidze, G. Gavardashvili, O. Gelashvili, B. Gusev (Russia), Z. Gvishiani, Iv. Jagodnishvili, N. Imnadze, L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan), Z. Kakulia, N. Kavlashvili, R. Khurodze, A. Khvedelidze, G. Kobakhidze, M. Kosior-Kazberuk (Poland), M. Kukhaleishvili, R. Kutateladze, I. Kutubidze, V. Kvaratskhelia, G. Kvartskhava, G. Kvesitadze, Z. Lomsadze, N. Makhviladze, G. Mammadov (Azerbaijan), V. Matveev (Russia), E. Medzmariashvili, S. Mihara (Japan), S. Minasyan (Armenia), T. Natriashvili, A. Noneshvili, A. Pashayev (Azerbaijan), A. Prangishvili, G. Salukvadze, S. Schmidt (Germany), N. Shavishvili, A. Sikorski (Poland), I. Skotchko (Poland), G. Stroer (Germany), R. Sturua, H. Sunkel (Austria), A. Suzuki (Japan), G. Tavadze, D. Tavkheldidze, G. Tkemaladze, N. Tsereteli, N. Tsignadze, T. Tsintsadze, Z. Tsveraidze, F. Unger (Austria), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

SCIENTIFIC ADVISERS:

A. Abralava, G. Abramishvili, J. Beridze, A. Chikovani, N. Chitanava, T. Chubinishvili, Sh. Dekanosidze, R. Diakonidze, Sh. Dogonadze, J. Gabelia, D. Gorgidze, R. Grigolia, M. Khositashvili, J. Iosebidge, T. Jagodnishvili, T. Kaishauri, Z. Kovziridze, L. Kuparadze, I. Kveselava, T. Kvitsiani, N. Loladze, N. Lominadze, T. Lominadze, T. Magrakvelidze, L. Mdzinarishvili, M. Medzmariashvili, I. Megrelishvili, G. Meladze, H. Meladze, B. Mkheidze, Sh. Nachkebia, O. Namicheishvili, D. Natroshvili, O. Paresishvili, B. Shanshiashvili, A. Songulashvili, Z. Tsamalaidze, K. Tsereteli, Sh. Tserodze, E. Tskitishvili.

© Publishing House „Technical University“, 2020



Учрежден в 1924 году.
Периодичность – 4 номера в год

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным мультидисциплинарным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в международной базе электронных данных – Index Copernicus International.

Защищены все права. Любую опубликованную в данном сборнике статью (текст, фото, иллюстрации) невозможно использовать ни одной из форм или средствами (электронными или механическими) без письменного разрешения издателя.

Нарушение авторских прав наказуемо законом.

Автор (авторы) несет ответственность за содержание статьи и защиту всеобщих принятых норм научной этики и авторских прав.

Мнение автора (авторов) статьи может не совпадать с мнением Издательского дома.

Издательский дом „Технический университет“ с благодарностью учтет все конструктивные замечания, предложения и использует их для совершенствования дальнейшей деятельности.

Пишите:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Д. Р. Гургенидзе

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Л. Д. Климиашвили

З. А. Гаситашвили

К. В. Копалиани

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Ив. А. Горгидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Г. Абшилава, Г. Альбрехт (Германия), Н. Ш. Багатурия, Г. В. Бибилеишвили, П. Биелик (Словакия), В. Н. Бурков (Россия), М. С. Бурджанадзе, И. Т. Габисония, Г. В. Гавардашвили, Дж. В. Гахокидзе, З. Г. Гвишиани, О. Г. Гелашвили, Б. В. Гусев (Россия), И. Е. Джагоднишвили, Т. Б. Дзегания, Л. Дзиенис (Польша), Б. Жумагулов (Казахстан), Г. Зункель (Австрия), Л. А. Иванов (Россия), Н. Б. Имнадзе, А. В. Кабулов (Узбекистан), Н. В. Кавлашвили, Г. Р. Кварцхава, В. В. Кварацхелия, Г. И. Квеситадзе, З. Г. Какулия, Г. М. Кобахидзе, М. Косиор-Казберук (Польша), Р. Г. Кутателадзе, И. Ш. Кутубидзе, М. И. Кухаленишвили, З. Дж. Ломсадзе, Г. А. Мамедов (Азербайджан), В. А. Матвеев (Россия), Н. Г. Махвиладзе, Э. В. Медзмаришвили, С. А. Минасян (Армения), С. Михара (Япония), Т. М. Натриашвили, А. И. Нонешвили, А. Пашаев (Азербайджан), А. И. Прангишвили, Г. Г. Салуквадзе, А. Сикорски (Польша), И. Скочко (Польша), Р. И. Стура, А. Сузуки (Япония), Г. Ф. Тавадзе, Д. Д. Тавхелидзе, Г. Ш. Ткемаладзе, Ф. Унгер (Австрия), А. М. Хведелидзе, Р. А. Хуродзе, З. Н. Цвераидзе, Н. И. Церетели, Н. Г. Цигнадзе, Т. Н. Цинцадзе, Г. Г. Чоговадзе, Н. К. Шавишвили, С. Шмидт (Германия), Г. Штроер (Германия).

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ:

А. Г. Абралава, Г. С. Абрамишвили, Дж. Л. Беридзе, Дж. О. Габелия, Д. А. Горгидзе, Р. Ш. Григолия, Ш. В. Деканосидзе, Р. В. Диаконидзе, Ш. А. Догонадзе, Т. И. Джагоднишвили, Дж. С. Иосебидзе, Т. В. Каишаури, Т. А. Квициани, И. С. Квеселава, З. Д. Ковзиридзе, Л. П. Купарадзе, Н. Н. Лоладзе, Т. Н. Ломинадзе, Н. Н. Ломинадзе, Т. Ш. Маграквелидзе, Л. Д. Мдзинаришвили, И. Г. Мегрелишвили, Г. Г. Меладзе, Г. В. Меладзе, М. Э. Медзмаришвили, Б. С. Мхеидзе, О. М. Намичеишвили, Д. Г. Натрошвили, Ш. Ш. Начкебия, О. И. Паресашвили, А. В. Сонгулашвили, М. П. Хоситашвили, З. Б. Цамалаидзе, К. О. Церетели, Ш. П. Церодзе, Е. Т. Цкитишвили, Б. Г. Шаншиашвили, А. Б. Чиковани, Н. А. Читанава, Т. Н. Чубинишвили.

© Издательский дом „Технический университет“, 2020





თენგიზ ჯიშკარიანი

დაბადების 75 და სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობის 50 წელი შეუსრულდა ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის აკადემიკოსს და ამავე აკადემიის პრემიის ლაურეატს, სერტიფიცირებულ ენერგომენეჯერს და ენერგოაუდიტორს, ამერიკის შეერთებული შტატების ინჟინერ-ენერგეტიკოსთა საერთაშორისო ასოციაციის წევრს და ამავე ასოციაციის უმაღლესი ხარისხის წოდების „Legend in Energy“ მფლობელს, „გაეროს“ ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაცია „UNIDO“-ს ეროვნულ ექსპერტს საქართველოში, პროფესორ თენგიზ ჯიშკარიანს.

დაიბადა 1945 წლის 30 აპრილს ქ. თბილისში. აქვე დაამთავრა საშუალო სკოლა და სწავლა გააგრძელა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკის ფაკულტეტზე.

ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ, აკადემიკოს ვ. გომელაურის რეკომენდაციით, მუშაობა დაიწყო თბილისის შრომის დაცვის საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის „სითბური დაცვის“ ლაბორატორიაში ინჟინრად, ხოლო 1969 წლიდან შეუდგა სამეცნიერო-პედაგოგიურ საქმიანობას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თეორიული და ზოგადი თბოტექნიკისა და თბოენერგეტიკული დანადგარების კათედრაზე, სადაც განვლო სახელოვანი გზა უფროსი ლაბორანტიდან პროფესორის თანამდებობამდე.

1979-1982 წლებში, როგორც ასპირანტი, მივლინებული იყო ქ. მოსკოვში, სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის მაღალ ტემპერატურათა ინსტიტუტში (ИВТ АН СССР). 1984 წელს ქ. ნოვოსიბირსკში, სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ციმბირის განყოფილების თბოფიზიკის ინსტიტუტში (ИТФ СО АН СССР), იცავს საკანდიდატო დისერტაციას თემაზე: «Закризисный теплообмен при низких давлениях и малых массовых скоростях».

მსოფლიო მასშტაბის ამ ორ უმსხვილეს სამეცნიერო ცენტრში იმ დროისათვის მოღვაწეობდა გამოჩენილ მეცნიერთა მთელი პლეადა და, რაღა თქმა უნდა, მისი სადისერტაციო თემის ხელმძღვანელი პროფესორი გიორგი წიკლაური, რომელიც დღესაც, მიუხედავად ხანდაზმულობისა, მისთვის დამახასია-

თებელი შეუპოვრობითა და ენთუზიაზმით მოღვაწეობს ამერიკის შეერთებული შტატების ენერგეტიკის სამინისტროს ბირთვული უსაფრთხოების ეროვნულ სამმართველოში.

ბუნებრივია, რომ ამ გარემოებამ განაპირობა თ. ჯიშკარიანის სადისერტაციო ნაშრომის განსაკუთრებული აქტუალურობაც, რომელიც თანამედროვე თბოფიზიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვან პრობლემას - თბო- და ატომური ელექტროსადგურების უსაფრთხო და საიმედო მუშაობას ეძღვნებოდა.

ქართული თბოენერგეტიკული მეცნიერების განსაკუთრებულ შენაძენს თავისი აქტუალურობით წარმოადგენს დისერტაცია, რომელსაც თ. ჯიშკარიანი 2006 წელს იცავს ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში.

ბატონი თენგიზი გამოცდილი პედაგოგი და მაღალკვალიფიციური მეცნიერია. ის წლების განმავლობაში კითხულობს ლექციებს კათედრის მაპროფილებელ დისციპლინებში, ხელმძღვანელობს დოქტორანტებისა და მაგისტრანტების მუშაობას, არის 145-ზე მეტი სამეცნიერო შრომის ავტორი (მათ შორის 4 მონოგრაფია, 28 სახელმძღვანელო და 6 მეთოდური მითითება). ჯერ კიდევ 1977 წელს მისი თანაავტორობით გამოცემული სახელმძღვანელო „მაღალი წნევის ორთქლის გენერატორების თბური გაანგარიშების მეთოდიკა“ აღნიშნულ დარგში მშობლიურ ენაზე სახელმძღვანელოების გამოცემის პირველი ცდა იყო, ხოლო 2000 წ. გამოცემული სახელმძღვანელო „საქვაბე დანადგარები“ წარდგენილ იქნა საქართველოს მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგის სახელმწიფო პრემიის მოსაპოვებლად. მოგვიანებით, 2005 წელს, ამ სახელმძღვანელოს მიენიჭა საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის პრემია. პროფესორ თ. ჯიშკარიანის, როგორც მეცნიერისა და მკვლევრის, ფართო აღიარებაზე მეტყველებს ის გარემოება, რომ იგი არჩეულია საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის ნამდვილ წევრად (აკადემიკოსად).

განსაკუთრებით აღსანიშნავია თ. ჯიშკარიანის საქმიანობა სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის დეკანატში დეკანის მოვალეობის შემსრულებლისა და მეცნიერების დარგში დეკანის მოადგილის ამპლუაში. მისი ხელმძღვანელობით შეიქმნა სადოქტორო და სამაგისტრო საგანმანათლებლო პროგრამები „ენერგეტიკა და ელექტონიკა“ და სამაგისტრო საგანმანათლებლო პროგრამა „ენერგეტიკის აუდიტი“, შემუშავდა ფაკულტეტის განვითარების კონცეფცია, თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი მეთოდოლოგიური რეკომენდაციები და ახალი სასწავლო გეგმები, საგნობრივი რუკები და დატვირთვები, შეიქმნა სტუდენტთა აკადემიური მოსწრების მაჩვენებლების დადგენის მეთოდიკა და სტუდენტის ცოდნის შეფასების კრიტერიუმები თბოენერგეტიკის, ჰიდროენერგეტიკის, ელექტროენერ-

გეტიკისა და ელექტრომექანიკის სპეციალიზაციებისათვის, ჩატარდა საუნივერსიტეტო გრანტის მამდი-ბელთა კონკურსი სტუდენტ-მაგისტრანტებისათვის.

თ. ჯიშკარიანი საქართველოში ენერგოეფექტური პროექტების განხორციელებისა და ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიების დანერგვის ერთ-ერთი ფუძემდებელია. 1998 წლიდან დღემდე იგი აქტიურად თანამშრომლობს ისეთ საერთაშორისო ორგანიზაციებთან, კომპანიებთან და ინვესტორებთან, როგორცაა აშშ-ის საერთაშორისო განვითარების სააგენტო (USAID), ენერგოკომპანია „BRITISH PETROLEUM“ (BP), ნორვეგიის სამეფოს საგარეო საქმეთა სამინისტრო, ნავთობისა და გაზის მრავალეროვნული ნორვეგიული კომპანია „STATOIL“, „HEIDELBERGCEMENT GEORGIA“, შპს „ჯეოინჟინირინგი“, შპს „საქართველოს საერთაშორისო ენერგეტიკული კორპორაცია“, „საქართველოს მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების დეპარტამენტი“, „საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდი“, „საქართველოს სამეცნიერო-ტექნოლოგიური განვითარების ფონდი“, „საქართველოს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ფონდი“ და „შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი“.

USAID-ის კონტრაქტორებთან - PA Consulting Group, Hagler Bailly Co და Winrock International, ორგანიზაცია „მწვანე ალტერნატივა“ და კავშირთან „ენერგოეფექტურობის ცენტრი საქართველო“ ერთად, მისი უშუალო მონაწილეობით ქ.თბილისში და საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში განხორციელდა ენერგოეფექტურობის 70-მდე პროექტი და დაინერგა ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიები საყოფაცხოვრებო, სასწავლო-საგანმანათლებლო, სამედიცინო, კომერციულ და სამრეწველო სექტორებში. USAID-ის პროგრამის ფარგლებში („თანამედროვე ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და განათების ინიციატივა“, „ენერგეტიკის განვითარება სოფლად“, „ენერგეტიკის სექტორის შესაძლებლობის გაუმჯობესების პროექტი“, „ენერგოეფექტურობის პროგრამა“ და სხვ.) შესრულდა საგრანტო პროექტები: „საბაკალავრო პროგრამული მოდული - საყოფაცხოვრებო, რეკრეაციული და სამრეწველო ობიექტების ენერგოუზრუნველყოფა განახლებადი ენერგიით და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებით“; „ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება საქართველოსათვის და მისი რეალიზაცია ნატახტრის საბაზო სკოლის გათბობის საპილოტო პროექტში“; „კონცენტრაცია ენერგიის მოხმარების მენეჯმენტი“; „ავტომაგისტრალის ღამის განათება მზის ენერგიის გამოყენებით“; „სტეფანწმინდის რაიონის ენერგოუზრუნველყოფის ალტერნატიული შესაძლებლობები“.

1998 წლიდან თ.ჯიშკარიანი ამერიკის შეერთებული შტატების ინჟინერ-ენერგეტიკოსთა საერთაშორისო ასოციაციის - ASSOCIACION OF ENERGY ENGINEERS (AEE) წევრია. 2005 წელს, (AEE)-ს სერტიფიცირების პროგრამის ფარგლებში, რომელიც აკრედიტებულია ამერიკის შეერთებული შტატების სტანდარტების ეროვნული ინსტიტუტის (ANSI) მიერ და აღიარებულია აშშ-ის სახელმწიფო დეპარტამენტის, ენერგეტიკის სამინისტროს, საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს და 1000-ზე მეტი ენერგეტიკული, კომუნალური და სხვა დარგის კომპანიის მიერ, თ. ჯიშკარიანს მიენიჭა „სერტიფიცირებული ენერგომენეჯერის“ - CERTIFIED ENERGY MANAGER (CEM) კვალიფიკაცია.

2006 წლიდან თ. ჯიშკარიანი ნორვეგიის სამეფოს საერთაშორისო ენერგოდამზოვი კორპორაციის - Energy Saving International AS (ENSI) სერტიფიკატის „Energy Auditor” and „Trainer on Energy Auditing of Buildings” მფლობელია, ხოლო 2013 წელს ქ.ვაშინგტონში მსოფლიო ენერგეტიკოსთა 36-ე საერთაშორისო კონგრესის სახეიმი ცერემონიაზე თ.ჯიშკარიანს, როგორც საყოველთაოდ აღიარებულ პროფესიონალს, მიენიჭა AEE-ს უმაღლესი ხარისხის წოდება - „Legend in Energy” („ენერჯის ლეგენდა“).

ნაყოფიერებით გამოირჩევა თ.ჯიშკარიანის მოღვაწეობის ბოლო პერიოდი. 2011-2014 წლებში ბ-ნ თენგიზი ჩართულია ევროკავშირის მიერ დაფინანსებულ საერთაშორისო საუნივერსიტეტო პროგრამა „TEMPUS“-ის პროექტში „რეგიონული ინტერდისციპლინარული სწავლება ენერგეტიკასა და გარემოს დაცვის სამართალში - REGENLAW” (პროექტის №516911-TEMPUS-1-2011-1-DE-TEMPUS-JPCR; სრული საგრანტო დაფინანსება - 120 455 EUR), სადაც მისი უშუალო მონაწილეობითა და თანაავტორობით შეიქმნა ახალი სამაგისტრო მოდული „ენერგეტიკა და გარემო”, დაიწერა და გამოიცა 10 სახელმძღვანელო და ჩამოყალიბდა „ენერგეტიკისა და გარემოს დაცვის სამართლებრივი უზრუნველყოფის საკონსულტაციო ბიურო“. ევროპულ უნივერსიტეტებთან სამეცნიერო, საგანმანათლებლო, ტექნიკური და ეკონომიკური სახის ინფორმაციების ურთიერთგაცვლის მიზნით თ.ჯიშკარიანი, როგორც ამ პროექტის ძირითადი შემსრულებელი და საკონსულტაციო ბიუროს მმართველი ჯგუფის წევრი, მიწვეულ იქნა კონსორციუმის სხდომებზე სტოკჰოლმის სამეფო ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტში (შვედეთი, 2012 წლის მაისი), მაგდებურგის ოტტო ვან გუერიკეს უნივერსიტეტში (მაგდებურგი, გერმანია, 2014 წლის მარტი), ჟირონას უნივერსიტეტში (ქ. ჟირონა, ესპანეთი, 2014 წლის ივლისი) და „სერვისის მსოფლიო უნივერსიტეტში“ (ქ.გრაცი, ავსტრია, 2014 წლის ნოემბერი).

2012 წელს ამერიკის შეერთებული შტატების განვითარების სააგენტოს (USAID) მხარდაჭერით საქართველოში დაიწყო ხუთწლიანი პროექტი „დაბალემისიანი განვითარების სტრატეგიების შესაძლებლობათა გაძლიერება/სუფთა ენერჯის პროგრამა (EC-LEDS)“, რომელიც მიზნად ისახავს კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შერბილებას ენეგოეფექტური ღონისძიებებისა და სუფთა ენერჯის გამოყენებით. პროექტს ახორციელებს (USAID)-ის კონტრაქტორი „WINROCK INTERNATIONAL GEORGIA“ და მდგრადი განვითარების ცენტრი „REMISSIA“. პროექტის ფარგლებში, ბატონი თენგიზის თანამონაწილეობით, მერების შეთანხმების (Covenant of Mayors) ხელმძღვრ 9 ქალაქში (თბილისი, ქუთაისი, ბათუმი, ზუგდიდი, გორი, თელავი, ახალციხე, ბოლნისი, მცხეთა) ჩატარდა ენერგომოხმარების ინვენტარიზაცია, დადგინდა ენერგოდაზოგვისა და ემისიის შემცირების ფაქტობრივი პოტენციალი, დაიგეგმა ენერგორესურსებისა და განახლებადი ენერჯის წყაროების ეფექტურად გამოყენების ღონისძიებები და შემუშავდა ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმები (SEAP).

2015-2016 წლებში თ. ჯიშკარიანი „გაეროს“ ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაცია UNIDO-ს მიერ განხორციელებული სადემონსტრაციო პროექტის „რესურსეფექტური და ეკოლოგიურად სუფთა წარმოება“, ექსპერტია. ეს პროექტი, რომელიც ევროკავშირის რეგიონული პროგრამის „მწვანე ეკონომიკის ხელშეწყობა აღმოსავლეთ ევროპის პარტნიორ ქვეყნებში (EaP GREEN)“ შემადგენელი ნაწილია, ითვალისწინებს საქართველოს სამრეწველო საწარმოებში ბუნებრივი რესურსების მოხმარების ოპტიმიზაციას, გარემოზე მავნე ზემოქმედების მინიმიზაციას და ადამიანების ჯანმრთელობის დაცვის გაუმჯობესებას. ბატონი თენგიზის უშუალო მონაწილეობით საქართველოს მრეწველობის სხვადასხვა დარგის არაერთ საწარმოო ობიექტზე (მათ შორის შპს „რუსთავის აზოტი“, LLC „MN Chemical Georgia“, კასპის საკონსერვო კომბინატი TMT LTD, ღვინის კომპანია „ასკანელი ძმები, ოკამის ღვინის ქარხანა შპს „ახალშენი-2005“, რძის კომბინატი შპს „ათინათინი“, ასფალტის №1 ქარხანა და სხვ.) ჩატარდა ფართომასშტაბიანი კვლევები და დაისახა ენერგორესურსების, ნედლეულისა და წყლის ეფექტურად გამოყენების, ნახშირორჟანგის (CO₂) და სხვა მავნე ნივთიერებების ემისიისა და საწარმოო ნარჩენების შემცირების, ადამიანთა კეთილდღეობის გაზრდისა და შრომის უსაფრთხოების სისტემების გაუმჯობესების გზები.

2018 წლიდან დღემდე, თ.ჯიშკარიანი შვეიცარიული ფონდის Responsibility Investments AG მიერ ოპერირებული „გლობალური კლიმატის პარტნიორობის ფონდის“ (Global Climate Partnership Fund -

GCPF) საქართველოში განხორციელებული პროექტის „ტექნიკური დახმარება ენერგოაუდიტის ჩატარებაში“ ძირითადი შემსრულებელია.

თ. ჯიშკარიანი მიეკუთვნება ქართველ მეცნიერთა იმ თაობას, რომელმაც თავისი უმწიკვლო ცხოვრება საქართველოში ტექნიკურ-საგანმანათლებლო მოღვაწეობას დაუკავშირა და დღესაც თავდადებით ემსახურება ტექნიკური აზროვნების განვითარებას და ქვეყნისათვის საჭირო საინჟინრო-ტექნიკური კადრების მომზადებას.

ბატონი თენგიზი არის თავმდაბალი, გულისხმიერი, ყურადღებიანი და მაღალი ღირსების მქონე ადამიანი. იგი გამოირჩევა ორგანიზებულობით, უშიშარი ხასიათით და გულკეთილობით. ამიტომ სარგებლობს ის დიდი სიყვარულითა და პატივისცემით კოლეგებსა და სტუდენტებს შორის. მისი ინტერესების სფერო დიდია. აღსანიშნავია, რომ იგი ახალგაზრდობაში იყო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სახელგანთქმული ჯაზის წევრი, უკრავდა სხვადასხვა ინსტრუმენტზე, რაც აგრეთვე მიაწინებს მის ნიჭიერებაზე.

75 წლის გადასახედიდან ნათლად ჩანს, რომ თენგიზ ჯიშკარიანმა სახელმოხვეჭილი პედაგოგის და მეცნიერის და, რაც მთავარია, რაინდული სულისკვეთების მქონე კაცის სახელით იარა ცხოვრების გზაზე.

ვუსურვებთ მას ჯანმრთელობას, შემოქმედებით წვას და ხანგრძლივ სიცოცხლეს ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

თბოენერგეტიკისა და ენერგოეფექტურობის დეპარტამენტი

საქართველოს ენერგეტიკის აკადემია

საქართველოს ინჟინერ-ენერგეტიკოსთა ასოციაცია

შინაარსი

ბიზნესი, მენეჯმენტი და ბუღალტრული აღრიცხვა

ხათუნა ხარხელაური, თამარი ქაჯაია, ნინო მაზიაშვილი. სადაზღვევო ბიზნესის განვითარების ტენდენციები საქართველოში და მისი გავლენა ქვეყნის ეკონომიკაზე 17

კომპიუტერული მეცნიერება

არჩილ ფრანგიშვილი, ოლეგ ნამიჩიშვილი, მიხეილ რამაზაშვილი. ღრმა სწავლების ბიბლიოთეკათა მიმოხილვა..... 24

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

მევლუდ შარიქაძე, ირაკლი თავდუმაძე, ზურაბ სურამელაშვილი. ნინოწმინდის ნავთობგაზიანი საბადოს ლითოსტრატოგრაფია ღრმა ბურღვის მონაცემების მიხედვით..... 50

ენერჯია

გოდერძი კიკნაველიძე, ხათუნა ჩომახიძე, ნინო თითმერია. ბუნებრივი გაზის როლი საქართველოს ენერგომომარაგებაში 77

საინჟინრო საქმე

მურთაზ გუჯეჯიანი. გაერთიანებული და მწირი საინჟინრო რესურსების პირობებში სამოქალაქო-სამხედრო საერთო მნიშვნელობის ობიექტების აღდგენა – კოდორის ხეობა..... 86

მურთაზ გუჯეჯიანი, დავით მაისურაძე, ირაკლი ბუიშვილი. სამხედრო მეცნიერების ზოგიერთი პრიორიტეტი საქართველოში..... 97

სერგო ესაძე, თამარ ესაძე, თორნიკე მამალაძე. ვერტიკალური სეისმური ზემოქმედების ერთი მოდელის რეალიზაციის შესახებ 104

დავით თავხელიძე, ზურაბ მჭედლიშვილი. კიბეზე მავალის ამძრავის ძალური ანალიზი 110

თამაზ მეგრელიძე, თამაზ ისაკაძე, გივი გუგულაშვილი. ერთდგომიან კომპრესორში ერთდროულად ორი მუშა აგენტის კუმშვის შესაძლებლობა..... 117

თამაზ მეგრელიძე, თამაზ ისაკაძე, გივი გუგულაშვილი. დგუშიანი კომპრესორის ცილინდრში მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის შესაძლებლობა.....	125
თენგიზ ჩხაიძე, გიორგი ცირეკიძე, ნინო ნოზაძე. არამრგვალი კბილანების ცენტროიდის აგების საკითხი შნეკის არაწრფივი მოძრაობისას	133
ნათია ასათიანი, დიანა გრატიაშვილი. თბილისის წმ. ალ. ნეველის სახელობის სამხედრო ტაძარი – „სობორო“	141
დიანა გრატიაშვილი, ნათია ასათიანი. თბილისის წმ. მიხეილ ტვერელის სახელობის სამხედრო ტაძარი.....	151
გიორგი ლოთიშვილი. ურბანული სიმჭიდროვის მართვის მეთოდები	159

მათემატიკა

რევაზ კაკუბავა, გივი ფიფია, ეკატერინე გულუა. შემთხვევითი პროცესებიდან მესამე რიგის ინტეგრალური პოლინომებისთვის განაწილებათა გამოთვლა ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით.....	165
რევაზ კაკუბავა, გივი ფიფია, ეკატერინე გულუა. შემთხვევითი პროცესებიდან მეორე რიგის ინტეგრალური პოლინომებისთვის განაწილებათა გამოთვლა ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით.....	174

სოციალური მეცნიერებები

რუსუდან ქუთათელაძე, მაია ჩხეიძე, ქეთევან ქუთათელაძე. კოგნიტური ანალიზი და კონსტრუქტთა მოდელირების პრობლემა.....	181
ვახტანგ გვიშიანი. საქართველო-ევროკავშირის ურთიერთობების ტენდენციები და სამომავლო პერსპექტივები	188

ავტორთა საძიებელი	195
რეცენზენტთა საძიებელი	196
ავტორთა საყურადღებოდ	197

CONTENTS

Business, Management and Accounting

- Khatuna Kharkhelauri, Tamari Kajaia, Nino Maziashvili.** Insurance business development trends in Georgia and its impact on the economy of the country 17

Computer Science

- Archil Prangishvili, Oleg Namicheishvili, Mikhael Ramazashvili.** Review of deep learning libraries 24

Earth and Planetary Sciences

- Mevlud Sharikadze, Irakli Tavdumadze, Zurab Suramelashvili.** Lithostratigraphy of Ninotsminda oil and gas field based on deep drilling data..... 50

Energy

- Goderdzi Kiknavelidze , Khatuna Chomakhidze, Nino Titmeria.** The role of natural gas in energy supply of Georgia 77

Engineering

- Murtaz Gujejiani.** Restoration of civil/military objects in the conditions of common and scarce engineering resources – Kodori Gorge..... 86
- Murtaz Gujejiani, Davit Maisuradze, Irakli Buishvili.** Some priorities of military science in Georgia 97
- Sergo Esadze, Tamar Esadze, Tornike Mamaladze.** On the implementation of one model of vertical seismic load 104
- David Tavkhelidze, Zurab Mchedlishvili.** Force analysis of stair climber’s running gear 110
- Tamaz Megrelidze, Tamaz Isakadze, Givi Gugulashvili.** Ability to simultaneously compress two refrigerants in one piston compressor 117
- Tamaz Megrelidze, Tamaz Isakadze, Givi Gugulashvili.** Possibility of implementation of two-stage compression in the cylinder of piston compressor 125

Tengiz Chkhaidze, Giorgi Tsirekidze, Nino Nozadze. On the issue of constructing a centroid of a non-circular gear with nonlinear movement of the screw	133
Natia Asatiani, Diana Gratiashvili. St. Alexander Nevsky military Cathedral in Tbilisi – „SOBORO“	141
Diana Gratiashvili, Natia Asatiani. The Church of St. Michael of Tver in Tbilisi	151
George Lotishvili. Urban density management methods.....	159

Mathematics

Revaz Kakubava, Givi Pipia, Ekaterine Gulua. Calculation of third-order integral polynomial distributions of random processes using Feynman integrals	165
Revaz Kakubava, Givi Pipia, Ekaterine Gulua. Calculation of second-order integral polynomial distributions of random processes using Feynman integrals	174

Social Sciences

Rusudan Kutateladze, Maia Chkheidze, Ketevan Kutateladze. Cognitive analysis and the problem of modeling constructs.....	181
Vakhtang Gvishiani. Georgia – EU relations tendencies and future perspectives.....	188

Author’s index	195
Reviewer’s index	197
Guidelines for Authors	203

СОДЕРЖАНИЕ

Бизнес, Менеджмент и Бухгалтерский учет

Хатуна Херхелаури, Тамари Каджая, Нино Мазиашвили. Тенденции развития страхового бизнеса в Грузии и его влияние на экономику страны	17
---	----

Компьютерные науки

Арчил Прангишвили, Олег Намичейшвили, Михаил Рамазашвили. Обзор библиотек глубокого обучения.....	24
---	----

Науки изучающие Землю и Планетология

Мевлуд Шарикадзе, Ираклий Тавдумадзе, Зураб Сурамелашвили. Литостратиграфия Ниноцминдского нефтегазового месторождения по данным глубокого бурения	50
--	----

Энергия

Годердзи Кикнавелидзе, Хатуна Чомахидзе, Нино Титмерия. Роль природного газа в энергоснабжении Грузии.....	77
--	----

Инженерное дело

Муртаз Гуджеджиани. В условиях единого и дефицитного инженерного потенциала, восстановления объектов общего гражданско-военного значения – Кодорского ущелья.....	86
---	----

Муртаз Гуджеджиани, Давид Майсурадзе, Иракли Буишвили. Определенные приоритеты военной науки Грузии.....	97
--	----

Серго Эсадзе, Тамар Эсадзе, Торнике Мамаладзе. О реализации одной модели вертикального сейсмического воздействия	104
--	-----

Давид Тавхелидзе, Зураб Мчедлишвили. Силовой анализ ходовой части лестничного подъемника.....	110
---	-----

Тамаз Мегрелидзе, Тамаз Исакадзе, Гиви Гугулашвили. Возможность осуществления одновременного	
--	--

сжатия двух холодильных агентов в одном поршневом компрессоре.....	117
Тамаз Мегрелидзе, Тамаз Исакадзе, Гиви Гугулашвили. Возможность осуществления двухступенчатого сжатия в цилиндре поршневого компрессора.....	125
Тенгиз Чхаидзе, Георги Цирекидзе, Нино Нозадзе. К вопросу построения центроиды некруглого зубчатого колеса при нелинейном движении шнека.....	133
Натиа Асатиани, Диана Гратиашвили. Военный Собор св. Александра Невского в Тбилиси	141
Диана Гратиашвили, Натиа Асатиани. Церковь Михаила Тверского в Тбилиси.....	151
Георгий Лотишвили. Методы управления городской плотности.....	159

Математика

Реваз Какубава, Гиви Пипия, Екатерине Гулуа. Вычисление распределений интегральных полиномов третьего порядка от случайных процессов при помощи фейнмановских интегралов	165
Реваз Какубава, Гиви Пипия, Экатерине Гулуа. Вычисление распределений интегральных полиномов второго порядка от случайных процессов при помощи фейнмановских интегралов	174

Социальные науки

Русудан Кутателадзе, Майа Чхеидзе, Кетеван Кутателадзе. Когнитивный анализ и проблема моделирования конструкторов.....	181
Вахтанг Гвишиани. Тенденции и перспективы развития отношений Грузии и ЕС	188

Указатель авторов	195
Указатель рецензентов	196
К сведению авторов	206

UDC 656.681.3

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-17-23>

Insurance business development trends in Georgia and its impact on the economy of the country

- Khatuna Kharkhelauri** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: kh.kharkhelauri@gtu.ge
- Tamari Kajaia** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.kajaia@gtu.ge
- Nino Maziashvili** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: n.maziashvili@gtu.ge

Reviewers:

- M. Bliadze**, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: m.bliadze@gtu.ge
- T. Devidze**, Associate Professor, Faculty of Business Technology, GTU
E-mail: t.devidze@gtu.ge

Abstract. During the last ten years, the role of insurance business in Georgian economy and its connection with other financial sectors has increased significantly. It should be noted that there are numerous researches confirming causal link between bank lending, capital market development and economic growth. It also should be noted that insufficient attention is paid to the research of insurance sector in this regard. On the basis of statistical and financial data analysis, the article compares tendencies, which have emerged in Georgian insurance business development. It also discusses the factors, which assess the contribution of various fields to the development of the national economy and in particular the effect of insurance business on the growth of Georgian economy.

Key words: Attracted premiums; insurance business; investment activities; state insurance program.

Introduction

Theoretical studies and empirical data show that countries with more developed financial systems have an advantage of faster and more stable long-term development. Well-developed financial institutions, including insurance companies, through direct and indirect economic activities have a significant positive impact on the economy of a country. Insurance, as a means of avoiding loss and as an institutional investor in public or private sectors, may have a significant positive economic impact.

In the leading industrial countries, insurance companies are one of the main investors among the financial institutions represented in the financial markets. As of today, none of the 7 operating companies on the Georgian stock market represent an insurance company.

As a result of an above mentioned, it is urgent to improve the efficiency of Georgian insurance companies. The purpose of the research is to study the prospects of an insurance business, as an important aspect for the development of Georgian economy.

Main part

The stages of Georgian insurance market development

In 1997 the reform was enforced for the purpose of establishing and developing an insurance system based on market principles. It should be noted that in a short period of time, in Georgia, the necessary insurance legal framework was created, without which it is impossible to establish and function the insurance infrastructure similar to a modern.

The first private company on Georgian insurance market is Aldagi, established in 1990 with the Georgian Relief and Health fund, as an insurance medical firm. The first organization to be insured by the company was United Trade Unions, with a staff of 5,000 people. In 1991 Aldagi's total premium exceeded 1 million maneti. In 1992 it reorganized as a limited liability company and entered the international insurance market. [1]

Year by year new companies were entering an insurance market. In 1997 the insurance supervision service was established, the registration and licensing of insurance companies has begun, the laws on insurance were developed. As a result to the supervisory requirements, numerous mergers were made in the insurance market. Together with market development and the creation of new products, insurance relations and regulations have gradually improved.

In 2005, Georgia's State Insurance Supervision Service approved minimum statutory authorized capital requirements for insurance companies. Before, the minimum statutory authorized capital as per certain type of insurance varied from 500 000 to 1 000 000 GEL.

According to the decision, statutory minimum authorized capital was determined: for life insurance 600000, for non-life insurance – 1000000, for other legal entities – 2000000 GEL. [2]

Such an approach has accelerated the process of consolidating and merging the insurance companies, as a result, the number of insurance organizations has decreased, but the quality of the companies' activities have significantly increased.

An important milestone for the formation of the insurance system in Georgia began in 2007. State health insurance programs were implemented and enforced by private insurance companies, according to 2006-2007 data, 15 insurance companies were operating on the Georgian insurance market, during the same period 3 companies ceased to exist. According to the amount of premium attracted to the market during this period, leading positions were as follows: Insurance Company Aldagi-BCI JSC with 40 991 604 GEL, Georgian Pension and Insurance Holding JSC with 26 911 394 GEL, Irao International Insurance Company LLC with 15 382 862 GEL. [3]

By 2007, the companies offered 14 types of insurance on the stock market. Currently, medical insurance is the most demanded product on the market, which holds 38% of the market. Then the next are property insurance (with 17%) and land vehicle insurance (with 15%).

By 2010, 16 companies were operating on insurance market offering 18 types of products. According to the amount of attracted premium, medical (health) insurance is absolute leader with 68% of market share. Compared to 2007, this product's share (37.93%) has been almost doubled. This is partly related to the implementation and enforcement of health insurance state programs by private insurance companies. As for the property insurance, it is offered as a separate product: land vehicle insurance (excluding railroad vehicle), railroad vehicle insurance, air vehicle insurance (body insurance), water vehicle insurance (hull insurance), and cargo insurance. Property insurance, which is not included in this list, is on the second place (with 9.72%), while land vehicle insurance (excluding railroad vehicle) is on the third place (with 7.51%). [4]

The volume of premiums attracted to the insurance market from 2010 to 2016 is fluctuating. The maximum amount reached was 515 471 427 GEL in 2012 due to the inclusion of new beneficiaries in the state insurance program. In addition, in 2013-2014 these programs were substituted by state's universal health care program. In 2014, the government of Georgia abolished the participation of insurance companies in above mentioned programs, and instead of private companies, Social Service Agency was ordered to execute the programs.

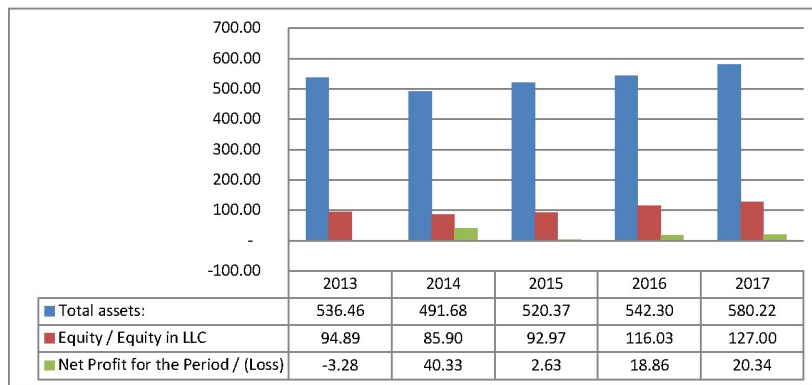
It is noteworthy that in the period of 2010-2017, not considering the state programs, there is a significant growth in the amount of attracted premiums in all types

of insurance on the market and in voluntary health insurance as well.

It is also important to analyze the financial performance of insurance companies. In 2008, the total assets of insurance companies on the market was 250 319 580 GEL, while at the end of the analysis period it amounted 580 219 624 GEL. For the year of 2010, investments in affiliates and subsidiaries amounted to 18,4 million GEL and had a steady growth trend until 2013, reaching a maximum of 105,31 million GEL at the end of above mentioned period. 51 million GEL on the following year and at the end of 2018 it decreased to 37 million GEL. [3]

Chart 1

The dynamics of financial data of insurance business



Source <http://insurance.gov.ge/Statistics.aspx>

Financial results of investment activities

Based on the financial data of Georgia's Insurance Supervision Service, the total income received through insurance companies' investment activities during the survey period (2008-2017) amounted to 116 637 146, 77 GEL. Based on the same data, the research reveals Georgian insurance market's investment activities' positive trend through steadily increasing revenue in 2008-2011 years. Even though the corresponding ratio significantly decreases in 2012 compared to the previous year's indicator (by 31%), the highest indicator of total income received through investment activity was 24 088 530 GEL in 2014, which is 8 times more than the base indicator in 2008.

Within the framework of the research, based on the financial data of the Georgian insurance market, a study of the income from pension activities was carried out, which revealed that it was characterized by an unstable development trend. Revenue through pension activities in 2010-2012 is negative, which increases from 2013 and reaches 608 794 GEL in 2017, meaning an increase by 196% throughout reporting period of the research (2008-2017).

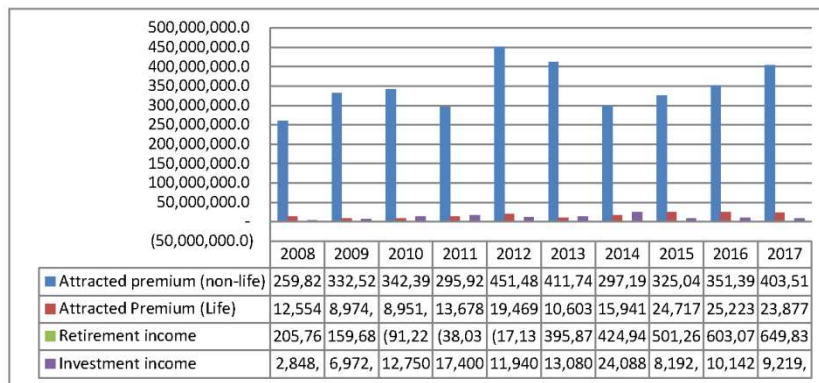
Investment in the insurance sector is important for the Georgian economy. As part of the Government of Georgia's Resolution No. 11 of January 26, 2007 regarding the general plan of development of hospital

sector, the Government has proposed insurance companies to engage in the construction project of 100 new hospitals. According to the researches conducted in Georgia, after embodying insurance companies into privatizing and hospital programs, as of 2012, 41% of hospitals operating in the country is owned by insurance

companies. Through analyzing the hospitals owned by insurance companies, their 80% is owned by 5 companies: Aldagi BCI, GPI Holding, Irao, IC Group and Alpha. [5]

Chart 2

Revenue Structure and Dynamics



Source <http://insurance.gov.ge/Statistics.aspx>

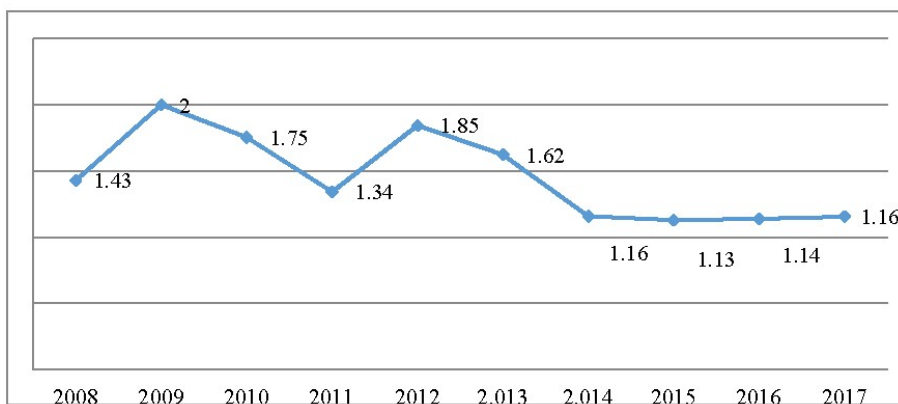
Social and economic efficiency of insurance

Just like for any other business, for insurance business, typical direct factor affecting the development of the country's economy is the share of the sector in GDP, employment and corporate taxes. Through Georgia's state Insurance Supervision Service's and National Statistics Office's data analysis throughout the research's reporting period (2007-2017) the following trends were identified.

The share of total premiums and other incomes in GDP varies from 1,13% to 2% (see chart 1). This index is significantly lower than the index in developed countries (8.7%) and in developing countries (2.8%). On the one hand this indicates the low development of the market, but on the other, the great potential for developing the untapped potential.

Chart 3

Attracted premiums and orders incomes share in GDP (2008-2017)



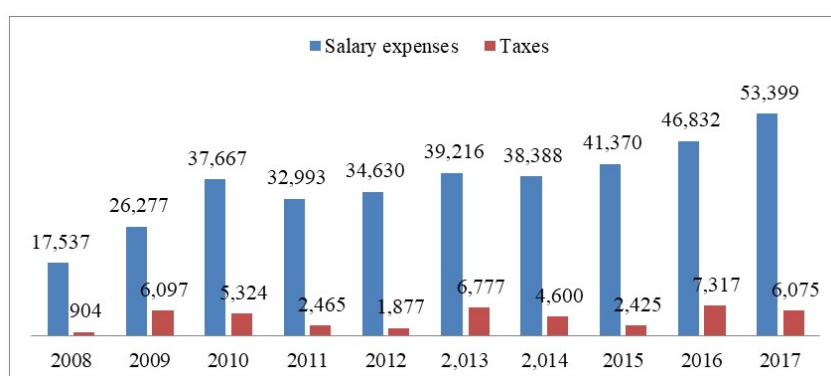
Source <http://insurance.gov.ge/Statistics.aspx>

We couldn't find a quantitative indicator for one of the direct effecting factors on the development of the economy. We can discuss this issue according to the total wage index in the sector (see chart 2). This indicator amounted 37 666 855 in 2010, during 2011-15 years the growth of an indicator is unstable, and in 2017 maximum amount was reached with 53 398 788 GEL. This may be due to two factors. First, the number of employees in the

field has increased, either the wage was increased, or both. It should be noted that in any case, this has a positive impact on country's economic development. The dynamics of tax payments to the state budget is also characterized by a similar trend from 2008 to 2017, which correspondingly increased from 904 028 GEL to 6 075 485 GEL, which undoubtedly contributes to the successful implementation of various budget-funded programs.

Chart 4

Dynamics of total salaries in the insurance business and paid taxes ('000 GEL)



Source <http://insurance.gov.ge/Statistics.aspx>

Conclusion

The insurance sector plays an important role in the country's economy. Taking into account the international experience, insurance companies, mainly, provide long-

term financing through the capital market. The research shows that Georgian insurance sector has a relatively small contribution to the efficiency of the country's economic.

References

1. URL: <http://aldagi.ge/ge/aldagis-shesakheb> (in Georgian).
2. Kankadze J. Qamkhadze T, Koiava-Kajaia L., Kajaia T. Organization of bank and insurance activity. GTU. Tbilisi. 2018. (in Georgian).
3. Kharkhelaury Kh., Kajaia T. Influence of insurance business on the economy of the country globalization and the modern challenges of business. 3rd international scientific conference proceedings. GTU. Tbilisi. 2019. (in Georgian).
4. URL: <http://insurance.gov.ge/Statistics.aspx> (in Georgian).
5. Verulava T., Eliashvili T. Prospects of using insurance companies as a source of investment in the Georgian economy. Science journal "Health Policy and Insurance". N 1. 2015. (in Georgian).

UDC 656.681.3

SCOPUS CODE 1401

სადაზღვევო ბიზნესის განვითარების ტენდენციები საქართველოში და მისი გავლენა ქვეყნის ეკონომიკაზე

ხათუნა ხარხელაური	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: kh.kharkhelauri@gtu.ge	ტექნიკური
თამარი ქაჯაია	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: t.kajaia@gtu.ge	ტექნიკური
ნინო მაზიაშვილი	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: n.maziashvili@gtu.ge	ტექნიკური

რეცენზენტები:

მ. ბლიაძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: m.bliadze@gtu.ge

თ. დევიძე, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: t.devidze@gtu.ge

ანოტაცია. სადაზღვევო სექტორის როლი ეკონომიკაში და კავშირი სხვა ფინანსურ სექტორებთან მნიშვნელოვნად გაიზარდა. უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს არაერთი კვლევა, რომელიც ადასტურებს მიზეზშედეგობრივ კავშირს საბანკო დაკრედიტებას, კაპიტალის ბაზრის განვითარებასა და ეკონომიკურ ზრდას შორის. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ სადაზღვევო სექტორის კვლევას ამ კუთხით საკმარისი ყურადღება არ ეთმობა. სტატიაში სტატისტიკური და ფინანსური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შედარებულია ის ტენდენციები, რომელიც გამოიკვეთა საქართველოში სადაზღვევო ბიზნესის განვითარებაში. ასევე განხილულია ის ფაქტორები რომლითაც ფასდება ზოგადად ამა თუ იმ დარგის წვლილი ეროვნული ეკონომიკის განვითარებაში და კერძოდ დაზღვევის ეფექტიანობა ქართული ეკონომიკის ზრდაში.

საკვანძო სიტყვები: მოზიდული პრემია; სადაზღვევო ბიზნესი; საინვესტიციო საქმიანობა; სახელმწიფო დაზღვევის პროგრამა.

UDC 656.681.3

SCOPUS CODE 1401

Тенденции развития страхового бизнеса в Грузии и его влияние на экономику страны

- Хатуна Хархелаური** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: kh.kharkhelaouri@gtu.ge
- Тамари Каджая** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: t.kajaia@gtu.ge
- Нино Мазишвили** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: n.maziashvili@gtu.ge

Рецензенты:

М. Блиадзе, Профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: m.bliadze@gtu.ge

Т. Девидзе, асоц. профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: t.devidze@gtu.ge

Аннотация. Роль страхового сектора в экономике и его связь с другими финансовыми секторами значительно возросла. Следует отметить, что существуют многочисленные исследования, которые подтверждают причинно-следственную связь между банковским кредитованием, развитием рынка капитала и экономическим ростом. Следует также отметить, что недостаточно внимания уделяется исследованиям страхового сектора в этой области. В статье анализируются тенденции развития страхового бизнеса в Грузии на основе анализа статистических и финансовых данных. В нем также рассматриваются факторы, которые в целом способствуют развитию национальной экономики в целом, и, в частности, влияние страхования на рост экономики Грузии.

Ключевые слова: Государственная страховая программа; инвестиционная деятельность; привлеченные премии; страховой бизнес.

The date of review 17.01.2019

The date of submission 20.01.2019

Signed for publishing 08.07.2020

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-24-49>

ღრმა სწავლების ბიბლიოთეკათა მიმოხილვა

არჩილ ფრანგიშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: a_prangi@gtu.ge	ტექნიკური
ოლეგ ნამიჩეიშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge	ტექნიკური
მიხეილ რამაზაშვილი	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. გასიტაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: zur_gas@gtu.ge

ნ. მჭედლიშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: galoba47@mail.ru

ანოტაცია. მოცემულია არსებული ღრმა სწავლების ბიბლიოთეკების მიმოხილვა, განხილულია ხელნაწერი ციფრების გამოცნობის ამოცანა, აღწერილია ქსელური სტრუქტურა, რომელს შეესაბამება ლოგისტიკურ რეგრესიას. Caffe, Torch, Tensor Flow и MXNet ბიბლიოთეკებისათვის მოცემულია მოკლე აღწერა, ბიბლიოთეკასთან მუშაობის მიღებული მოდელები, ღრმა მოდელების მხარდამჭერი ტიპები, ქსელის შემუშავების მაგალითები, ქსელის სწავლება და ტესტირება.

საკვანძო სიტყვები: Caffe; Torch; TensorFlow; MXNet; გამოსახულებათა კლასიფიკაცია; ენა Python-ი; ნეირონული ქსელი; ხელნაწერი ციფრების კლასიფიკაცია; ობიექტის აღმოჩენა; свёрточные слои; обучающая машина.

შესავალი

ამჟამად ღრმა ნეირონული ქსელები გამოიყენება რთულ ამოცანათა დიდი რიცხვის ამოსახსნელად, როგორცაა პროგნოზირება, სახეთა გამოცნობა, მონაცემთა შეკუმშვა და ზოგი სხვა ამოცანა [5]. ამასთან

დაკავშირებით დამუშავებულია მრავალი პროგრამული ინსტრუმენტი, რომელიც ტიპური მოდელების და მათი სწავლების მეთოდების რეალიზაციის, ასევე ტესტირების შესაძლებლობას იძლევა. ასეთი ინსტრუმენტების რიცხვს მიეკუთვნება პროგრამული ბიბლიოთეკები, დაპროგრამების ენათა გაფართოებები, აგრეთვე დამოუკიდებელი ენები, რომლებიც ნეირონული მოდელების შექმნისა და სწავლების მზა ალგორითმების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

ძირითადი ნაწილი

1. ღრმა სწავლების არსებული ბიბლიოთეკების მიმოხილვა

არსებულ პროგრამულ გადაწყვეტილებებს სხვა-

დასხვა ფუნქციონალი აქვს და მოითხოვს მომხმარებლისგან ცოდნისა და გამოცდილების სხვადასხვა დონეს. ინსტრუმენტის სწორად არჩევა მნიშვნელოვანი ამოცანაა, რომელიც აუცილებელი შედეგის მიღწევის შესაძლებლობას იძლევა უმოკლეს დროში და ნაკლები ძალისხმევით [6].

ქვემოთ (ცხრილი 1) მოყვანილია ინფორმაცია ღრმა სწავლების მხარდაჭერილი ტიპური მოდელების შესახებ ზოგიერთი ყველაზე უფრო ცნობილი პროგრამული ინსტრუმენტისთვის. უნდა აღინიშნოს, რომ ინსტრუმენტების სიმრავლე არ ამოიწურება ცხრილში ჩამოთვლილი დასახელებებით. აქ წარმოდგენილია მხოლოდ ის ინსტრუმენტები, რომლებსაც ფართოდ იყენებს დღეს მომხმარებელი.

ცხრილი 1

ღრმა სწავლების ტიპური მოდელების მხარდაჭერა ზოგიერთი ფართოდ ცნობილი პროგრამული ინსტრუმენტით

№	დასახელება	ინტერფეისები	ოპერაციული სისტემები	FCNN	CNN	RNN	AE ¹	RBM ²
1	Caffe[7]	C++, Python, MATLAB	Linux, Windows, OSX	+	+	+	+	-
2	Torch[8]	C, Lua	Linux, iOS, Android	+	+	+	+	+
3	TensorFlow[9]	Python, Java, Go	Linux, Windows, MacOS, Android	+	+	+	+	+
4	MXNet ³ [10]	C++, Python, R, Scala, Julia, Perl, MATLAB, JavaScript	Linux, Windows, MacOS	+	+	+	+	+
5	Intel@neon™ Framework [11]	Python	Linux, MacOS	+	+	+	+	-
6	PyTorch[12]	Python	Linux, Windows, MacOS	+	+	+	+	-
7	Theano ⁴ [13]	Python	Linux, Windows, MacOS	+	+	+4	+	+
8	Keras ⁵ [14]	Python	Linux, Vagrant	+	+	+	+	+
9	Deepnet ⁶ [15]	Python	Linux	+	+	-	+	+
10	Deepmat ⁷ [16]	MATLAB	Linux, Windows, MacOS, Solaris	+	+	-	+	+
11	Darch ⁸ [17]	R	Linux, Windows	+	-	-	+	+

ამ ცხრილში მოცემულ ინსტრუმენტებთან დაკავშირებით უნდა გაკეთდეს შემდეგი შენიშვნები:

1. პროგრამული ინსტრუმენტები ახორციელებს ავტოკოდირების სხვადასხვა ტიპს.
2. პროგრამული ინსტრუმენტები ახორციელებს ბოლცმანის შეზღუდული მანქანების სხვადასხვა ტიპს.
3. MXNet შეიძლება დაყენდეს მობილურ მოწყობილობებზე Raspberry Pi (ოპერაციული სისტემა Debian ბაზაზე Raspbian ARM არქიტექტურისთვის), MVIDIA Jetson TX2 (ოპერაციული სისტემა Ubuntu Arch64 ბაზაზე).
4. არსებობს გარეშე რელიზაცია [<http://www.wildml.com/2015/09/recurrent-neural-networks-tutorial-part-2-implementing-a-language-model-rnn-with-python-numpy-and-theano/>]
5. Keras გამოიყენება მაღალი დონის API ბიბლიოთეკებისათვის TensorFlow, CNTK ან Theano.
6. Deepnet შექმნილია cudamat [<https://github.com/cudamat/cudamat>] და cuda-convnet [<https://code.google.com/archive/p/cuda-convnet/>] ბიბლიოთეკათა ბაზაზე. ამჟამად მხარდაჭერილი არ არის.
7. Deepmat შექმნილია Matlab მათემატიკური პაკეტისათვის. დამპროექტებლები არ მიუთითებენ ოპერაციულ სისტემას, რომელზეც ხდებოდა მოცემული სისტემის ტესტირება, ამიტომ, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ოპერაციული სისტემა შესაბამეა იმას, რომელზეც მუშაობს Matlab პაკეტი. ამჟამად მხარდაჭერილი არ არის.
8. Darch ორიენტირებულია ნდობის ღრმა ქსელებთან მუშაობაზე (Deep Belief Networks, DBN).

ინსტრუმენტები 1–8 ამჟამად აქტიურად ვითარდება სპეციალისტების მიერ. უფრო მეტიც, ამ ინსტრუმენტებს თან ახლავს საკმაოდ ვრცელი დოკუმენტაცია და ისინი გამოიყენება სხვადასხვა სახის კვლევაში ღრმა სწავლების სფეროდან.

ინსტრუმენტების მოცემული ჩამონათვლიდან ცალკე უნდა გამოვყოთ ბიბლიოთეკები Caffe [7], Torch [8], TensorFlow [9] და MXNet [10].

Caffe და TensorFlow ბიბლიოთეკათა შემქმნელები გვამღევენ შედარებით მარტივ და გასაგებ ინტერფეისებს Python ენაზე ღრმა მოდელებთან სამუშაოდ. ამიტომ ისინი შეიძლება იყოს გამოყენებული სწრაფი სტარტისათვის ამოცანების გადაჭრისას ღრმა მოდელების დახმარებით.

Torch ბიბლიოთეკის გამოყენება ითხოვს მომხმარებლისგან დაპროგრამების სკრიპტული Lua ენის ცოდნას და, მიუხედავად ამისა, ეს არ არის შემაკავებელი ფაქტორი, ვინაიდან ენა მარტივია ასათვისებლად. ბიბლიოთეკის ისეთი თვისებები, როგორცაა მოდელების არსებობა და გაფართოების შესაძლებლობა, დამაჯერებელი საფუძველია ამ ბიბლიოთეკის ასარჩევად კვლევათა ჩატარებისთვის.

MXNet ბიბლიოთეკაში აქცენტი გადატანილია პორტაბელობის და პროგრამული ინტერფეისების ფართო სპექტრის არსებობაზე. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ MXNet და TensorFlow ბიბლიოთეკებში სწავლების დაჩქარება უზრუნველყოფილია განაწილებული გამოთვლების კონცეფციის გამოყენების მეშვეობით. ისინი უზრუნველყოფს ნეიროქსელების განაწილებულ სწავლებას კლასტერებზე.

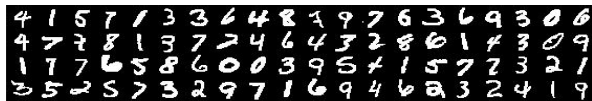
ზემოხსენებული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, შემდეგ განიხილება სწორედ ეს ოთხი ბიბლიოთეკა.

მოცემულია მათი მოკლე დახასიათება და მოყვანილია ისეთი უმარტივესი ნეირონული ქსელების სწავლებისა და ტესტირების მაგალითები, როგორც არის ლოგისტიკური რეგრესია და ერთშიანი პერსპეტონი.

უფრო დაწვრილებით Intel@neonTMFramework ინსტრუმენტი [11] განიხილება სპეციალურ ლიტერატურაში, რომელიც ფოკუსირებულია Intel@neon TMFramework ინსტრუმენტის გამოყენებაზე ღრმა სწავლების პროცესში [18].

2. ხელნაწერი ციფრების გამოცნობის ამოცანა

ღრმა სწავლების ბიბლიოთეკათა კვლევის პროცესში განიხილება ამოცანები ხელნაწერი ციფრების გამოცნობის შესახებ გამოსახულებებზე. აგებული ნეირონული ქსელების სწავლებისა და ტესტირებისათვის გამოიყენება გამოსახულებათა ფართოდ ცნობილი MNIST [19] ბაზა (სურ. 1).



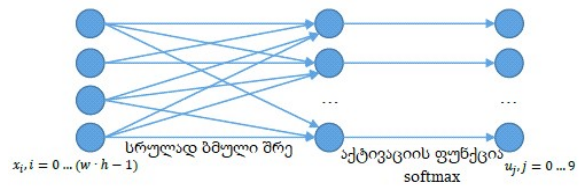
სურ. 1. MNIST ბაზაში ციფრების გამოსახულებათა მაგალითები [20]

გამოსახულებათა გარჩევითობა მოცემულ ბაზაში შეადგენს 28×28 პიქსელს. ეს გამოსახულებები ინახება ნაცრისფრის სხვადასხვა იერის ფორმატში. საწვრთნელი კრებული შეიცავს 60 ათას გამოსახულებას, ხოლო ტესტური - 10 ათას გამოსახულებას [21].

3. ლოგისტიკური რეგრესიის შესაბამისი ქსელური სტრუქტურა

ლოგისტიკურ რეგრესიას შეესაბამება პირდაპირი გავრცელების ორშიანი ნეირონული ქსელი, რომელიც შეიცავს სრულად ბმულ შრეს და აქტივაციის

softmax ფუნქციას (სურ. 2). ნეირონული ქსელის შესასვლელზე არის ფიქსირებული $w \times h$ ზომის გამოსახულება, რომელიც ხელნაწერ ციფრს შეიცავს. ვინაიდან წყდება გამოცნობის ამოცანა, ამიტომ ყოველ გამოსახულებას უცილებლად შესაბამისობაში უნდა მოვუყვანოთ იმის უტყუარობის ვექტორი, რომ გამოსახულება მიეკუთვნება ერთ-ერთს 10 კლასიდან (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). როგორც შედეგი, ნეირონული ქსელის გამომავალ შრეზე განთავსებულია 10 ნეირონი. შეცდომის ფუნქციად, რომლის მინიმიზაცია უნდა მოხდეს, გამოიყენება კროს-ენტროპია.



სურ. 2. ლოგისტიკური რეგრესიის შესაბამისი ქსელის არქიტექტურა

მომდევნო ნაწილებში განიხილება მოცემული ქსელის ფორმირების მაგალითები, ასევე სწავლებისა და ტესტირების პროცედურები.

4. ბიბლიოთეკა Caffe

4.1 მოკლე აღწერა

სიტყვა Caffe წარმოადგენს ინგლისური ფრაზისგან მიღებულ აბრევიატურას: Convolution Architecture For Feature Extraction - კონვოლუციური არქიტექტურა დამახასიათებელი ნიშნის ამოსაღებად (მოპოვების აზრით).

Caffe ბიბლიოთეკის დამუშავება [7] 2013 წლის სექტემბრიდან მიმდინარეობს. ამ პროცესის დასაწყისი დაკავშირებულია პიროვნებასთან, რომლის

სახელია იანცინ ცზია (ინგლ. Yangqing Jia), ასევე იმ დროსთან, როცა იგი სწავლობდა ბერკლის უნივერსიტეტში და მუშაობდა ფილოსოფიის დოქტორის საკვალიფიკაციო ნაშრომზე. ამ მომენტიდან Caffe ბიბლიოთეკას აქტიურად უწყობს ხელს ბერკლის ხედვისა და სწავლების ცენტრი (The Berkeley Vision and Learning Center, BVLC) და დამპროექტებლების გაერთიანება GitHub-ზე. ბიბლიოთეკა ვრცელდება BSD 2-Clause-ის ლიცენზიით [21].

Caffe რეალიზებულია დაპროგრამების C++ ენის გამოყენებით, არის ასევე საბურველი (სახვევი) Python-ზე და MATLAB-ზე. ოფიციალურად იგი თავსებადია Linux და OS X ოპერაციულ სისტემებთან. მიმდინარეობს ისეთი განშტოების დაპროექტებაც, რომელიც შეიცავს პორტს Windows-ზე. Caffe იყენებს BLAS (ATLAS, INTEL MKL, OpenBLAS) ბიბლიოთეკას ვექტორული და მატრიცული გამოთვლებისათვის. ამასთან ერთად, გარე დამოკიდებულებათა რიცხვში შედის ბიბლიოთეკები: glog, gflags, OpenCV, ptorBuf, boost, snappy, hdf5, lmbd. გამოთვლათა დასაჩქარებლად Caffe შეიძლება გაემყვას GPU-ზე CUDA ტექნოლოგიის ან ღრმა სწავლების პრიმიტივების cuDNN ბიბლიოთეკის საბაზო შესაძლებლობის გამოყენებით [21].

4.2 ბიბლიოთეკასთან მუშაობის ზოგადი მოდელი.

ღრმა მოდელების მხარდაჭერილი ტიპები

ბიბლიოთეკის გამოყენება გულისხმობს ფაილების ფორმირებას prototxt ფორმატში, რომელშიც აღიწერება მოდელის სტრუქტურა და სწავლების მეთოდის პარამეტრები. ღრმა მოდელის სწავლება/ტესტირება მოითხოვს ბიბლიოთეკის უტილიტების გაშვებას პარამეტრების სხვადასხვა კრებულით.

Caffe ბიბლიოთეკის შემქმნელები იძლევიან სრულად მშობლიური, კონვოლუციური და რეკურენტული ნეირონული ქსელების სწავლებისა და ტესტირების შესაძლებლობებს. შემავალი მონაცემები და გარდასახვები აღიწერება შრის (ფენის) ცნებით. შენახვის ფორმატის მიხედვით შეიძლება გამოიყენებოდეს საწყის მონაცემთა შრეების შემდეგი ტიპები:

- **ImageData** განსაზღვრავს მონაცემთა შრეს, რომელიც არის გამოსახულებათა კრებული.
- **Data** განსაზღვრავს მონაცემთა შრეს, რომელშიც ეს მონაცემები ინახება ბაზის სახით ფორმატში leveldb ან lmbd.
- **HDF5Data / HDF5Output** მონაცემების შემავალი / გამომავალი შრე hdf5 ფორმატში.
- **WindowData** მონაცემები, რომლებიც ამოიღება ფანჯრის გავლით გამოსახულებებზე.
- სხვა.

გარდასახვები შეიძლება იყოს მოცემული შემდეგი შრეებით:

- **InnerProduct**- სრულად ბმული შრე.
- **Dropout** - შრე, რომელიც ქსელის სწავლების პროცესში უზრუნველყოფს ნიშანთა ვექტორის კომპონენტების ნებისმიერი კრებულის განულებას, რითაც ახორციელებს ვექტორის სიგრძის კორექტირებას.
- **Convolution**- კონვოლუციური შრე.
- **Deconvolution**- დეკონვოლუციური შრე
- **Pooling**- სივრცითი გაერთიანების შრე (max, average, stochastic)
- **Crop**- ერთი ბლობის მოჭრა მეორე ბლობის ზომამდე. Blob არის ინგლისური ფრაზის (Binary Large Object - ორობითი დიდი ობიექტი) აბრევიატურა და ორობითი მონაცემების მასივს ნიშნავს.

- **Recurrent** - რეკურენტული შრე.
- **RNN** - უმარტივესი რეკურენტული ქსელი.
- **LSTM**(Long-ShortTermMemory)–LSTM-უჯრედი
- **LRN** (Local Response Normalization) – ლოკალური ნორმალიზაციის შრე
- **MVN**(Mean-VarianceNormalization) –კონტრასტის ნორმალიზაციის შრე
- **BatchNorm**(BatchNormalization) – ნორმალიზაციის შრე რომელიმე მინიბაქეტის მიხედვით (minibatch).
ამასთან ერთად გარდასახვათა ფორმირებისას შეიძლება გამოიყენებოდეს სხვადასხვა აქტივაციის ფუნქცია.
- **(ReLU, Rectified-Linear Unit)** ფუნქციის დადებითი ნაწილი და მისი პარამეტრიზებული ვარიანტი **(PReLU)**.
- ექსპონენციალური არაწრფივობა **(ELU)**.
- სიგმოიდური ფუნქცია **(Sigmoid)**.
- ჰიპერბოლური ტანგენსი **(TanH)**.
- აბსოლუტური მნიშვნელობა **(Abs)**.
- ახარისხება, ანუ ხარისხში აყვანა **(Power)**.
- ლოგარითმი **(Log)**.
- ბინომიალური ნორმალური ლოგარითმული დამაჯერებლობის ფუნქცია (BinomialNormal Log Likelihood,**BNLL**).
- ზღურბლური ფუნქცია **(Threshold)**.
- წანაცვლება **(Bias)**.
- მასშტაბირება **(Scale)**.
ნეიროქსელური მოდელის უკანასკნელი შრე უნდა შეიცავდეს შეცდომის ფუნქციას. ბიბლიოთეკაში არის შემდეგი ფუნქციები:
- საშუალო კვადრატული შეცდომა (Sum-of-Squares / Euclidean Loss Layer,**EuclideanLoss**).

- შეცდომის მულტინომიალური (პოლინომიალური, მარავალწევრული) ლოგისტიკური ფუნქცია (Multinomial LogisticLoss, **MultinomialLogisticLoss**).
- ინფორმაციის ნაზრდის ფუნქცია (Infogainloss, **InfogainLoss**).
- სიგმოიდური კროს-ენტროპია (Sigmoid cross entropy loss, **SigmoidCrossEntropyLoss**).
- softmax-ფუნქციის შრიდან შეცდომის შრის შესავლელზე გადაცემული შეცდომის მულტინომიალური ლოგისტიკური ფუნქცია(Softmax with Loss,**SoftmaxWithLoss**).
- სხვა.
ზემოთ მოცემულ შრეებთან ერთად ბიბლიოთეკა შეიცავს არაერთი დამხმარე შრის რეალიზაციას [23].
მოდულების სწავლების პროცესში გამოიყენება ოპტიმიზაციის სხვადასხვა მეთოდი. Caffe ბიბლიოთეკის შემქმნელები წარმოგიდგენენ არაერთი მეთოდის რეალიზაციას [24], ესენია: სტოქასტიკური გრადიენტული დაშვება (Stochastic Gradient Descent, SGD), ალგორითმი სწავლების ადაპტური სიჩქარით (Adaptive Gradient Learning Rate Algorithm, AdaGrad), ნესტეროვის დაჩქარებული გრადიენტული დაშვება (Nesterov’s Accelerated Gradient Descent, NAG), ალგორითმი AdaDelta, ალგორითმი Adam, ალგორითმი RMSprop. განსაკუთრებით ფართოდ გამოყენებული მეთოდია სტოქასტიკური გრადიენტული დაშვება.

4.3 ქსელის დამუშავების მაგალითი, ქსელის სწავლება და ტესტირება

Caffe ბიბლიოთეკაში ნეირონული ქსელების ტოპოლოგია, საწყისი მონაცემები და სწავლების ხერხი მოიცემა კონფიგურაციული ფაილების მეშვეობით prototxt ფორმატში. ერთი ფაილი შეიცავს

შემავალი (საწვრთნელი და ტესტური) მონაცემების და ნეირონული ქსელის ფენების აღწერას, მეორე ფაილი კი - ნეირონული ქსელის სწავლების მეთოდის პარამეტრთა აღწერას. სწავლების/ტესტირების პროცედურის გასაშვებად გამოიყენება უტილიტები, რომლებიც წარმოადგენს ბინარულ ფაილებს. ეს ფაილები მიიღება საბაზო ბიბლიოთეკის აწყობისას, რომელიც არ ითვალისწინებს დამატებითი ინტერფეისების გამოყენებას Python-ზე ან MATLAB-ზე.

1. *ქსელის არქიტექტურის აგება.* ქსელის არქიტექ-

ტურა აღიწერება ფაილის სახით prototxt ფორმატში. ამის შემდეგ ფაილს ენიჭება სახელი **mnist_logreg.prototxt**. ქვემოთ მოყვანილია ასეთი ფაილის მაგალითი და დაწვრილებით განიხილება მისი სტრუქტურა.

უპირველეს ყოვლისა მოიცემა ქსელი დასახელება:

name:"LogisticRegression"

მაგალითების საწვრთნელი სიმრავლის შესაბამისი შემავალი მონაცემების შრე. გამოიყენება ქსელის სწავლების ეტაპზე:

<pre>layer{ name:"mnist" type:"ImageData" top:"data" top:"label" include{ phase:TRAIN } transform_param{ scale:0.00390625 } image_data_param{ source:"mnist_dataset/train.lst" new_width:28 new_height:28 batch_size:100 root_folder:"mnist_dataset/train/" } }</pre>	<p>layer - დარეზერვებული სიტყვა შრის შესაქმნელად</p> <p>name–შრის სახელწოდება</p> <p>type– შრის ტიპი</p> <p>top–მიმდინარე შრის გამოსასვლელის დასახელება (გამოსახულების)</p> <p>top –მიმდინარე შრის გამოსასვლელის დასახელება (დაჩვენვა)</p> <p>phase–იმ ეტაპის მითითება, რომელზეც გამოიყენება ჩატვირთული მონაცემები</p> <p>transform_param–გამოსახულებათა გარდასახვის პარამეტრები(scale–მასშტაბირების პარამეტრი)</p> <p>image_data_param–შემავალ მონაცემთა პარამეტრები</p> <p>source–ფაილი გამოსახულებათა სიით და თითოეულის ჯდით</p> <p>new_width,new_height–მონაცემთა გარჩევითობა</p> <p>batch_size –პარტიის (სერიის) მოცულობა</p> <p>root_folder–გამოსახულებათა შემცველი დირექტორია</p>
---	---

ტესტური მაგალითების შესაბამისი შემავალ მონაცემთა შრე. გამოიყენება ქსელის ტესტირების დროს:

<pre>layer{ name:"mnist" type:"ImageData" top:"data" top:"label" include{ phase:TEST } transform_param{ scale:0.00390625 } image_data_param{ source:"mnist_dataset/t10k.lst" new_width:28 new_height:28 batch_size:100 root_folder:"mnist_dataset/t10k/" } }</pre>	<p>layer–დარეზერვებული სიტყვა შრის შესაქმნელად name–შრის სახელწოდება type– შრის ტიპი top–მიმდინარე შრის გამოსასვლელის დასახელება (გამოსახულების) top–მიმდინარე შრის გამოსასვლელის დასახელება(დაჩნევა) phase–ეტაპის მითითება, რომელზეც გამოიყენება ჩატვირთული მონაცემები transform_param–გამოსახულებათა გარდაქმნის პარამეტრები (scale–მასშტაბირების პარამეტრი) image_data_param–შემავალი მონაცემების პარამეტრები source–ფაილი გამოსახულებათა სიით და თითოეულის ჭკით new_width,new_height–მონაცემთა გარჩევითობა root_folder–გამოსახულებათა შემცველი დირექტორია</p>
--	--

სრულადბმული შრე, რომელსაც მიეწოდება შემავალი მონაცემები:

<pre>layer{ name:"ip" type:"InnerProduct" bottom:"data" top:"ip" inner_product_param{ num_output:10 } }</pre>	<p>layer–დარეზერვებული სიტყვა შრის შესაქმნელად name–შრის სახელწოდება type– შრის ტიპი bottom– იმ შრის სახელწოდება, საიდანაც მოდის სიგნალი top– გამომავალი შრის სახელწოდება inner_product_param– სრულადბმული შრის პარამეტრები (num_output– გამოსასვლელების რაოდენობა)</p>
---	---

ერთიანი შრე, რომელიც შეესაბამება აქტივაციის softmax ფუნქციას და შეცდომის ლოგისტიკურ ფუნქციას. უზრუნველყოფს აქტივაციის softmax ფუნქციის გამოყენებას სრულადბმული შრის გამოსასვლელისადმი და ანგარიშობს შეცდომის ლოგისტიკურ ფუნქციას მიღებული გამოსასვლელის და დაჩნევის შედეგების გზით:

<pre>layer{ name:"loss" type:"SoftmaxWithLoss" bottom:"ip" bottom:"label" top:"loss" }</pre>	<p>layer–დარეზერვებული სიტყვა შრის შესაქმნელად name–შრის სახელწოდება type– შრის ტიპი bottom– იმ შრის სახელწოდება, საიდანაც მოდის სიგნალი top– გამომავალი შრის სახელწოდება</p>
--	--

კლასიფიკაციის სიზუსტის გამოთვლის შრე. გამოიყენება ქსელის ტესტირების ეტაპზე:

<pre>layer{ name:"accuracy" type:"Accuracy" bottom:"ip" bottom:"label" top:"accuracy" include{ phase:TEST } }</pre>	<p>layer–დარეზერვებული სიტყვა შრის შესაქმნელად</p> <p>name–შრის სახელწოდება</p> <p>type– შრის ტიპი</p> <p>bottom– იმ შრის სახელწოდება, საიდანაც მოდის სიგნალი</p> <p>top– გამომავალი შრის სახელწოდება</p> <p>phase–იმ ეტაპის მითითება, რომელზეც გამოითვლება სიზუსტე</p>
---	---

2. ნეირონული ქსელის სწავლება. ნეირონული ქსელის დასასწავლად აუცილებელია ამომხსნელის (ამომხსნელი პროგრამის) პარამეტრთა აღწერა prototxt ფორმატის ფაილში. შემდეგ ფაილს ენიჭება **mnist_logreg_solver.prototxt**. სახელწოდება. ქვემოთ განიხილება ასეთი ფაილის მაგალითი:

<pre>net:"mnist_logreg.prototxt" test_iter:100 test_interval:500 base_lr:0.01 momentum:0.9 weight_decay:0.0005 lr_policy:"inv" gamma:0.0001 power:0.75 display:100 max_iter:10000 snapshot:5000 snapshot_prefix:"mnist_logreg" solver_mode:CPU</pre>	<p>net–ფაილი ქსელის არქიტექტურის აღწერით</p> <p>test_iter– ტესტირების იტერაციათა რაოდენობა(დასტის ზომა – 100, გამოსახულებათა საერთო რიცხვი – 10000)</p> <p>test_interval– მომენტები, როცა სრულდება მოდელის ტესტირება (ყოველი 500 იტერაცია)</p> <p>base_lr, momentum, weight_decay, lr_policy, gamma, power– ქსელის სწავლებაში სპარამეტრები</p> <p>display–სწავლების შედეგების ასახვა (ყოველი 100 იტერაცია)</p> <p>max_iter–სწავლების იტერაციათა მაქსიმალური რიცხვი</p> <p>snapshot–მოდელის შენახვის მომენტები(ყოველი 5000 იტერაცია)</p> <p>snapshot_prefix–პრეფიქსი მოდელის დასახელების წინა</p> <p>solver_mode– სწავლების რეჟიმი(CPU ან GPU პროცესორების)</p>
--	---

სწავლების ეტაპის გასაშვებად აუცილებელია Caffe ბიბლიოთეკის უტილიტის გამოძახება პარამეტრების გარკვეული ერთობლიობით. ესენია: **train** - განსაზღვრავს ქსელთან მუშაობის ეტაპს, **solver** - მიუთითებს ფაილს ამომხსნელის (ამომხსნელი პროგრამის) აღწერით.

\$CAFFE_ROOT/build/tools/caffetrain--solver=mnist_logreg_solver.prototxt@\$

აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელის არქიტექტურის მიმდინარე აღწერათა თანახმად, ამომხსნელების მიერ, ქსელის სწავლებასთან ერ-

თად, სრულდება აგრეთვე ტესტირებაც. მიუხედავად ამისა, ტესტირების გაშვება შეიძლება ცალკე განხორციელდეს.

3. ნეირონული ქსელის ტესტირება. ტესტირების ეტაპის დასაწყებად აუცილებელია Caffe ბიბლიოთეკის უტილიტის გამოძახება

პარამეტრების გარკვეული ერთობლიობით. ესენია: **test** – ქსელთან მუშაობის ეტაპი, **model** - ქსელის არქიტექტურის აღწერა, **solver** - ფაილი ამომხსნელის აღწერით, **weights**–ქსელის წონები (დანასწავლი მოდელი)

```
$CAFFE_ROOT/build/tools/caffe test --model=mnist_logreg.prototxt\
--solver=mnist_logreg_solver.prototxt\
--weights="mnist_logreg_iter_10000.caffemodel" $@
```

ქსელის ტესტირების შედეგად მოიცემა **loss** სიზუსტის მნიშვნელობა ტესტურ სიმრავლეზე. შეცდომის ფუნქცია და კლასიფიკაციის **accuracy** ქვემოთ მოცემულია გამოტანის მაგალითი:

```
11016 16:13:53.621152      6448 caffe.cpp:330] accuracy = 0.9062
11016 16:13:53.621218      6448 caffe.cpp:330] loss = 0.343764 (* 1 = 0.343764 loss)
```

5 ბიბლიოთეკა Torch

5.1 მოკლე აღწერა

Torch [8] - არის ბიბლიოთეკა სამეცნიერო გამოთვლებისათვის მანქანური სწავლების ალგორითმების ფართო მხარდაჭერით. მუშავდება 2000 წლიდან ისეთ სამეცნიერო ცენტრებში, როგორცაა Idiap Research Institute, New York University და NEC Laboratories America. ვრცელდება BSD ლიცენზიით [21].

ბიბლიოთეკა რეალიზებულია რიო-დე-ჟანეიროს (ბრაზილია) კათოლიკურ უნივერსიტეტში შექმნილ სკრიპტულ Lua (პორტ. მთვარე) ენაზე C ენისა და CUDA (Compute Unified Device Architecture) პარალელურ გამოთვლათა პროგრამულ-აპარატული არქიტექტურის გამოყენებით. სწრაფი სკრიპტული ენა Lua, ერთობაში SSE, OpenMP და

CUDA ტექნოლოგიებთან, საშუალებას აძლევს Torch-ს უჩვენოს არც თუ ისე ცუდი სიჩქარე სხვა ბიბლიოთეკებთან შედარებით. ამჟამად იგი თავსებადია Linux, iOS და Android ოპერაციულ სისტემებთან. ძირითადი მოდულები მუშაობს აგრეთვე Windows-ზეც. Torch-ის დამოკიდებულებებშია პაკეტები imagemagick, gnuplot, nodejs, npm და ზოგიერთი სხვა.

ბიბლიოთეკის დამახასიათებელი თავისებურებაა მისი მოდულური არქიტექტურა და გაფართოებადობა. ყოველი მოდული პასუხისმგებელია ნეირონულ ქსელებთან მუშაობის სხვადასხვა სტადიაზე. ასე, მაგალითად, **nn** მოდული უზრუნველყოფს ნეიროქსელის კონფიგურირებას (შრეებისა და მათი პარამეტრების განსაზღვრას), **optim** მოდული

შეიცავს სწავლებისათვის გამოსაყენებელ ოპტიმიზაციის სხვადასხვა მეთოდს, ხოლო **gnuplot** მოდული მონაცემთა ვიზუალიზაციის საშუალებას იძლევა (გრაფიკების აგება, გამოსახულებათა ჩვენება და ასე შემდეგ). დამატებითი მოდულების დაყენება ბიბლიოთეკის ფუნქციონალის გაფართოების საშუალებას იძლევა [21].

5.2 ბიბლიოთეკასთან მუშაობის ზოგადი მოდელი. ღრმა მოდელების მხარდაჭერილი ტიპები

როგორც უკვე აღინიშნა, Torch ბიბლიოთეკა შედგება მოდულების გარკვეული სიმრავლისგან. **nn** მოდული უზრუნველყოფს სხვადასხვა სირთულის ნეირონული ქსელების კონფიგურირებასა და სწავლებას [25], **optim** მოდული სწავლებისათვის პოტენციურად გამოსადეგი ოპტიმიზაციის მეთოდების რეალიზებას ახდენს.

Torch ბიბლიოთეკა რთული ნეიროქსელების შექმნის საშუალებას იძლევა კონტეინერების მექანიზმის საფუძველზე. **კონტეინერი** არის ნეიროქსელის გამოცხადებული კომპონენტების გამართიანებელი კლასი ერთ საერთო კონფიგურაციად, რომელიც შემდეგ შეიძლება იყოს გადაცემული სწავლების პროცედურაში [25]. კონტეინერები განსხვავდება ტიპის მიხედვით. უმარტივეს შემთხვევებში შეიძლება იყოს მიმდევრობითი (**Sequential**) და პარალელური (**Parallel**). მიმდევრობითი კონტეინერი ქსელის ფორმირების საშუალებას იძლევა შრეთა მიმდევრობის სახით პირდაპირი გავრცელების სრულადმული ქსელების ყაიდაზე. პარალელური კონტეინერი კი ქსელში პარალელური შრეების (შტოების) შექმნის საშუალებას იძლევა. კონტეინერის კომპონენტებად შეიძლება იყოს

გამოყენებული სრულადმული და კონვოლუციური შრეები, აქტივაციის ფუნქციები და შეცდომის ფუნქციები, ასევე მზა კონტეინერები. Torch ბიბლიოთეკა შემდეგი ძირითადი კომპონენტების შექმნის საშუალებას იძლევა:

- უმარტივესი შრეები [26];
- პარამეტრიზებული გარდაქმნები (წრფივი გარდაქმნა **Linear**, შეწონილი ნორმალიზებული გარდაქმნა **LinearWeightNorm**, წრფივი გარდაქმნა გაუხშობებული შესასვლელებით **Sparse Linear** და სხვა);
- ადაპტირებული საბაზო ტენზორული მეთოდები (შესასვლელების პირის გადაღება მონაცემთა ტიპის გარდაქმნით **Copy**, მონაცემთა დუბლირება პირველი განზომილებით **Replicate**, შესასვლელის ტრანსპონირება **Transpose** და სხვა);
- ადაპტირებული მათემატიკური ტენზორული მეთოდები (კონსტანტის დამატება **AddConstant**, კონსტანტაზე გამრავლება **MulConstant**, მინიმუმის / მაქსიმუმის ძებნა **Min/Max**, საშუალოს გამოანგარიშება მოცემული განზომილებით **Mean**, თითო ელემენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა **Abs**, და სხვა,).
- კონვოლუციური შრეები [27];
- ერთგანზომილებიანი კონვოლუციები დროის მიხედვით (ერთგანზომილებიანი კონვოლუცია შესასვლელების მთელი თანამიმდევრობის გასწვრივ **TemporalConvolution**, sub-sampling ოპერაცია შესასვლელთა თანამიმდევრობით **TemporalSubSampling**, max-pooling ოპერაცია შესასვლელთა თანამიმდევრობით **TemporalMaxPooling** და სხვა);

- ორგანზომილებიანი კონვოლუციები გამოსახულების სიბრტყეში (ორგანზომილებიანი კონვოლუცია გამოსახულებაზე **SpatialConvolution**, სრული კონვოლუცია გამოსახულებაზე **SpatialFullConvolution**, sub-sampling ოპერაცია გამოსახულებაზე **SpatialSubSampling**, max-pooling ოპერაცია გამოსახულებაზე **SpatialMaxPooling**, average pooling ოპერაცია გამოსახულებაზე **SpatialAveragePooling** და სხვა);
- სამგანზომილებიანი კონვოლუციები სამგანზომილებიან სივრცეში (სამგანზომილებიანი კონვოლუცია **VolumetricConvolution**, სრული სამგანზომილებიანი კონვოლუცია გამოსახულებაზე **VolumetricFullConvolution**, max-pooling ოპერაცია გამოსახულებათა მიმდევრობაზე **VolumetricMaxPooling**, average pooling ოპერაცია გამოსახულებათა მიმდევრობაზე **VolumetricAveragePooling** და სხვა).
- აქტივაციის ფუნქციები [28]: სიგმოიდური ფუნ-

ქცია (**Sigmoid**), ჰიპერბოლური ტანგენსის ფუნქცია (**Tanh**), soft-max ფუნქცია (**SoftMax**), soft-min ფუნქცია (**SoftMin**), სიგმოიდური ფუნქციის ლოგარითმი (**LogSigmoid**) და სხვა.

- შეცდომის ფუნქციები: საშუალო კვადრატული შეცდომა რეგრესიის აღდგენის ამოცანის ამოსახსნელად **MSECriterion**, დამაჯერებლობის ფუნქციის ლოგარითმის უარყოფითი მნიშვნელობა **ClassNLLCriterion** მრავალკლასიანი კლასიფიკაციის ამოცანისათვის.

5.3 ქსელის დაპროექტების მაგალითი, ქსელის სწავლება და ტესტირება

ქსელის არქიტექტურის აგება, სწავლება და ტესტირება დაიყვანება სკრიპტის დამუშავებამდე Lua ენაზე, რომელიც შეიცავს ღრმა მოდელთან მუშაობის სხვადასხვა ეტაპის შესაბამის ფუნქციათა კრებულს.

1. **სკრიპტის პარამეტრების განსაზღვრა.** შეიცავს სწავლების პარამეტრების განსაზღვრას, რომლებიც შემოდის ბრძანებათა სტრიქონის მეშვეობით

<pre> local opt = lapp[[-s,--save(default "logs") -f,--full -p,--plot -r,--learningRate(default 0.05) -b,--batchSize(default 0) -m,--momentum(default 0) --coeffL1(default 0) --coeffL2(default 0) -t,--threads(default 4)]] </pre>	<pre> subdirectory to save logs use the full dataset plot while training learning rate, for SGD only batch size momentum, for SGD only L1 penalty on the weights L2 penalty on the weights number of threads </pre>
---	---

2. *ქსელის არქიტექტურის აგება.* დაიყვანება კონტეინერის შექმნამდე და მის შევსებამდე შრეებით.

კლასების იდენტიფიკატორების გამოცხადება.

```
classes= ['1','2','3','4','5','6','7','8','9','10']
```

შემავალი გამოსახულებების ზომის ინიციალიზაცია.

```
geometry = {32,32}
```

კონტეინერის შექმნა.

```
model = nn.Sequential()
```

შრის დამატება, რომელიც უზრუნველყოფს გამოსახულების შემავალი მატრიცის გარდაქმნებს ერთგანზომილებიან ინტენსიურობის ვექტორად 1024 ელემენტის ზომით.

```
model.add(nn.Reshape(1024))
```

სრულადბმული შრის დამატება, რომელსაც შესასვლელზე 1024 ნეირონი, ხოლო გამოსასვლელზე - 10 ნეირონი აქვს (ელემენტების რაოდენობა კლასების იდენტიფიკატორთა მასივში).

```
model.add(nn.Linear(1024,#classes))
```

პარამეტრთა ტენზორის და ამ პარამეტრების მიხედვით შეცდომის ფუნქციის გრადიენტების შექმნა.

```
parameters, gradParameters = model.getParameters()
```

აქტივაციის ფუნქციის შესაბამისი შრის დამატება.

```
model.add(nn.LogSoftMax())
```

შეცდომის ფუნქციის განსაზღვრა, რომლის მიზმიზაცია სელის სწავლების პროცესში ხდება.

```
model.add(nn.Linear(1024,#classes))
```

ტენზორის შექმნა სწავლების/ტესტირების მსვლელობისას დაშვებულ შეცდომათა მატრიცის შესანახად.

```
confusion =optim.ConfusionMatrix(classes)
```

3. *საწვრთნელ და სატესტო მონაცემთა ჩატვირთვა და ნორმალიზაცია.* ხორციელდება გამოსახულებებისა და ჭდეთა ჩატვირთვის ფუნქციის რეალიზაციით. ფუნქციები სპეციფიკურია მონაცემთა ყოველი კრებულისთვის და მათი რეალიზაცია სხვადასხვანაირად ხდება თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში.

4. *ნეირონული ქსელის სწავლების ფუნქცია, რომელიც ერთი ეპოქის რეალიზებას ახდენს.* იღებს შესასვლელზე საწვრთნელ გამოსახულებათა სრულ კრებულს, ახდენს შეცდომის უკუგავრცელების მეთოდის რეალიზებას. შენიშვნა: ერთი ეპოქის მარეალიზებული ფუნქციის მოტანილი მაგალითი არ უზრუნველყოფს საწვრთნელი მაგალითების არევას, რაც გათვალისწინებულია შეცდომის უკუგავრცელების მეთოდის კლასიკურ რეალიზაციაში.

```
function train(dataset)
-- ეპოქის ნომრის ინიციალიზაციაepoch
= epoch or 1
-- მიმდინარე დროის მიღება local time
= sys.clock()

-- ერთი ეპოქისრეალიზაციაprint('<trainer>on
training set:')
print("<trainer>online epoch # " .. epoch .. ' batchSize = ' .. opt.batchSize)
```



```

-- დამსწავლელ მაგალითთა გავლამთელი სიმრავლის გასწვრივ «დასტის» ზომის ტოლი ნაბიჯითfor t = 1,
dataset:size(), opt.batchSize do
  -- შემავალ გამოსახულებათა «დასტის»-შემავალიოთხგანზომილებიანიტენზორის -
  შექმნაlocalinputs = torch.Tensor(opt.batchSize,1,geometry[1],geometry[2])
  -- კლასებისჭდება შესაბამისი «დასტის»შექმნა localtargets =
  torch.Tensor(opt.batchSize)

  -- ყოველმაგალითზე გავლა«დასტაში»დაოთხგანზომილებიანიტენზორის ფორმირება
  -- სამგანზომილებიანი ტენზორების სიმრავლისგან (გამოსახულებებისგან «დასტაში») localk = 1
  for i = t, math.min(t+opt.batchSize-1,dataset:size()) do
    -- მორიგი მაგალითის
    მიღებაlocalsample = dataset[i]
    -- გამოსახულება
    local input = sample[1]:clone()
    -- ჭდის პოზიციის ამოღებავექტორ-სტრიქონში (გვიბრუნებს ტენზორს) local _,target
    = sample[2]:clone():max(1)
    -- რიცხვის მიღება ტენზორისგან target =
    target:squeeze() inputs[k] = input
    targets[k] = target k = k + 1
  end

  -- ჩაკეტვის ფუნქცია შეცდომის ფუნქციის მნიშვნელობებისდაშეცდომის ფუნქციის
  -- გრადიენტებისშესაფასებლადქსელის პარამეტრებით(აქვს წგდომა ფუნქციის
  -- ცვლადებისადმი, რომლებიც გამოცხადებულიაგარეფუნქციაში) localfeval
  = function(x)
    -- გრადიენტების ტენზორის ელემენტთა განულება
    gradParameters:zero()
    -- ქსელის გამოსასვლელების გამოთვლა
    local outputs = model:forward(inputs)
    -- შეცდომის ფუნქციის გამოთვლა
    local f = criterion:forward(outputs, targets)

    -- წონების მნიშვნელობათა კორექცია
    local df_do = criterion:backward(outputs, targets)
    model:backward(inputs, df_do)

    -- შეცდომათა მატრიცის განახლებაfor i =
    1, opt.batchSize do
  confusion:add(outputs[i], targets[i])
end

return f,gradParameters end

--
SGDნაბიჯისშესრულებაsgdState
= sgdState or {
  learningRate = opt.learningRate, momentum =
  opt.momentum, learningRateDecay = 5e-7
}
optim.sgd(feval, parameters, sgdState)

```

```

- მიმდინარე პროგრესის
  ასახვაaxlua.progress(t, dataset:size())

end

-- დახარჯული დროის განსაზღვრაtime =
sys.clock() - time
time = time / dataset:size()
print("<trainer>time to learn 1 sample = " .. (time*1000) .. 'ms')

-- შეცდომათა მატრიცის ბეჭდვა
print(confusion)
trainLogger:add[["% mean class accuracy (train set)"]=confusion.totalValid * 100} confusion:zero()

-- დანაწევრი მოდელის შენახვა
local filename = paths.concat(opt.save, 'mnist.net') os.execute('mkdir -p ' ..
sys.dirname(filename))
if paths.filep(filename) then
os.execute('mv ' .. filename .. ' ' .. filename .. '.old') end
print("<trainer>saving network to '..filename) torch.save(filename,
model)

-- ეპოქის ნომრის შეცვლაepoch =
epoch + 1
end

```

5. ნეირონული ფუნქციის ტესტირების ფუნქცია. იღებს შესასვლელზე ტესტური გამოსახულებების სიმრავლეს. ახდენს ქსელის

პირდაპირი გავლისა და გამომავალი სიგნალების გამოთვლის რეალიზებას.

```

functiontest(dataset)
-- მიმდინარედროის მიღებაlocaltime
= sys.clock()

-- ტესტური მაგალითების გავლამთელი სიმრავლისგასწვრივ«დასტის»ზომის ტოლი
ნაბიჯითprint("<trainer>ontestingSet:")
for t = 1, dataset:size(), opt.batchSize do
-- მიმდინარეპროგრესის
  ასახვაaxlua.progress(t, dataset:size())

-- შემავალგამოსახულებათა «დასტის»- შემავალიოთხგანზომილებიანიტენზორის - შექმნაlocalinputs =
torch.Tensor(opt.batchSize,1,geometry[1],geometry[2])
-- კლასებისჭდეთა შესაბამისი
«დასტის»შექმნაlocaltargets = torch.Tensor(opt.batchSize)
-- ყოველ მაგალითზე გავლა«დასტაში» დაოთხგანზომილებიანი ტენზორის ფორმირება
-- სამგანზომილებიანი ტენზორების სიმრავლისგან (გამოსახულებებისგან «დასტაში»)localk = 1
for i = t, math.min(t+opt.batchSize-1,dataset:size()) do
-- მორიგი მაგალითის
  მიღებაlocalsample = dataset[i]
  local input = sample[1]:clone()

```

```

    local _target = sample[2]:clone():max(1) target =
    target:squeeze()
    inputs[k] = input targets[k]
    = target k = k + 1
end

-- ტესტური მაგალითების «დასტაზე»ქსელის გამოსასვლელის გამოთვლა
localpreds = model:forward(inputs)

-- შეცდომათამატრიცის განახლებაfor i =
1,opt.batchSize do
    confusion:add(preds[i], targets[i]) end
end

-- ერთი გამოსახულების ტესტირების საშუალო დროისგანსაზღვრაtime =
sys.clock() - time
time = time / dataset:size()
print("<trainer>time to test 1 sample = " .. (time*1000) .. 'ms')

-- შეცდომათა მატრიცის ბეჭდვა
print(confusion)
testLogger:add[["% mean class accuracy (test set)"] = confusion.totalValid * 100] confusion:zero()
end

```

6. სწავლების ზოგადი ციკლი. მოცემულ მაგალითში სწავლების ციკლი არის უსასრულო

და მიუხედავად ამისა გამოსასვლელი შეიძლება იყოს რეალიზებული ეპოქათა რიცხვის მიხედვით.

```

while true do
    -- სწავლება
    train(trainData)
    --
    ტესტირებაtest(testData)

    -- ჩანაწერის გაკეთება კლასიფიკაციის საშუალო სიზუსტის შესახებ საწვრთნელ/სატესტო სიმრავლეზე
    ifopt.plotthen
        trainLogger:style[["% mean class accuracy (train set)"] = '-'] testLogger:style[["% mean class
        accuracy (test set)"] = '-'] trainLogger:plot()
    testLogger:plot() end
end

```

6. ბიბლიოთეკა TensorFlow

6.1 მოკლე აღწერა

TensorFlow [9] - ღია პროგრამული ბიბლიოთეკაა რიცხვითი გამოთვლების ჩასატარებლად მონაცემთა ნაკადების გრაფთა საფუძველზე და იგი Apache 2.0 ლიცენზიით გამოდის. ბიბლიოთეკა შედარებით ახალია, მისი პირველი რელიზი შედგა 2015 წლის ნოემბერში (დაპროექტების დაწყება 2011 წლით თარიღდება). თავდაპირველად ბიბლიოთეკა მუშავდებოდა მკვლევრებისა და ინჟინრების მიერ GoogleBrainTeam ჯგუფიდან Google კომპანიის Machine Intelligence Research Organization ცენტრში კვლევათა ჩატარების მიზნით მანქანური სწავლებისა და ღრმა ნეირონული ქსელების სფეროში.

ბიბლიოთეკა რეალიზებულია C++ ენაზე, აქვს ინტერფეისები Python, Java და Go ენებზე. ამასთან ინტერფეისები Java და Go ენებზე ექსპერიმენტულია. შემქმნელები მხარს უჭერენ OC Linux (Ubuntu), Windows, Mac OS, Android ოპერაციულ სისტემებს. TensorFlow ბიბლიოთეკას შეუძლია ორ რეჟიმში ფუნქციონირება: მხოლოდ ცენტრალურ პროცესორზე (CPU-რეჟიმი) და ზოგიერთი ოპერაციის მხარდაჭერით NVIDIA კომპანიის გრაფიკულ პროცესორზე (GPU-რეჟიმი). ამასთან GPU-რეჟიმი მოითხოვს დაყენებულ CUDA@Toolkit(ბირთვის-

CUDA, Compute Unified Device Architecture) საშუალებას, შესაბამის დრაივერებსა და cuDNN ბიბლიოთეკას [29].

6.2 ბიბლიოთეკასთან მუშაობის ზოგადი მოდელი. ღრმა მოდელების მხარდაჭერილი ტიპები

TensorFlow გამოიყენება რიცხვითი გამოთვლების ჩასატარებლად *მონაცემთა ნაკადების გრაფების* საფუძველზე ამ მონაცემთა ნაკადების მდგომარეობათა შენარჩუნებით. გრაფის კვანძები შეესაბამება მათემატიკურ ოპერაციებს (ცხრილი 2), მაშინ როცა წიბოები შეესაბამება მონაცემთა მრავალგანზომილებიან მასივებს - *ტენზორებს*, რომლებიც გადაიცემა ერთი კვანძიდან მეორეზე. მოცემული გრაფი შეიცავს აგრეთვე სპეციალური სახის წიბოებს, ეგრეთ წოდებულ *მმართველ დამოკიდებულებებს* (controldependencies). მმართველ დამოკიდებულებებს არ შეესაბამება მონაცემთა მოძრაობა, მაგრამ ისინი მიუთითებს იმაზე, რომ საწყისმა კვანძმა მმართველი დამოკიდებულებისათვის უნდა დაამთავროს შესრულება მანამ, ვიდრე მიმდები კვანძი დაიწყებს საკონტროლო დამოკიდებულების დამუშავებას. ამრიგად, ნეირონული ქსელის აგება დაიწყანება სპეციალური სახის მონაცემთა ნაკადების გრაფის ფორმირებამდე. ოპერაციათა საბაზო კრებულის არსებობა ყველა ძირითადი ღრმა მოდელის ფორმირების საშუალებას იძლევა.

TensorFlow ბიბლიოთეკის ოპერაციათა ტიპების მაგალითები [30]

კატეგორია	ოპერაციათა მაგალითები
მათემატიკური ოპერაციები ელემენტებზე	შეკრება (Add), გამრავლება (Mul), გაყოფა (Div), ექსპონენტი (Exp), მეტობა (Greater), ტოლობა (Equ) და სხვა
ოპერაციები მონაცემთა მასივებთან	გადაბმა (Concat), დაყოფა (Split), რანგი (Rank) და სხვა
მატრიცული ოპერაციები	გამრავლება (MatMul), შებრუნებული მატრიცის გამოთვლა (MatrixInverse), მატრიცის დეტერმინანტის გამოთვლა (MatrixDeterminant) და სხვა
ოპერაციები მდგომარეობასთან	მინიჭება (Assign) და სხვა
ნეირონული ქსელების ძირითადი შრეები	Softmax-ფუნქცია (SoftMax), სიგმოიდური ფუნქცია (Sigmoid), ორგანზომილებიანი კონვოლუცია/ხვეული (Convolution2D), max pooling (MaxPool) და სხვა
საკონტროლო ოპერაციები	შენახვა (Save), აღდგენა (Restore)
მუშობა რიგებთან და სინქრონიზაციის ოპერაციები	რიგში ჩაყენება (Enqueue), რიგიდან ამოღება (Dequeue), მიუტექსის ხელში ჩაგდება/მიტაცება (MutexAcquire), მიუტექსის (ინგლ. <i>mutex</i> - <i>mutual exclusion</i>)გა(მო)თავისუფლება (MutexRelease) და სხვა
მმართველი ნაკადის ოპერაციები	შერწყმა (Merge), გადართვა (Switch), შესვლა (Enter), გამოსვლა (Leave), მომდევნო იტერაცია (NextIteration)

6.3 ქსელის დაპროექტების მაგალითი, ქსელის სწავლება და ტესტირება

ქსელის არქიტექტურის აგება, სწავლება და ტესტირება დაიყვანება სკრიპტების შექმნამდე Python ენაზე. ქვემოთ მოყვანილია ლოგისტიკური რეგრესიის მარეალიზებული სკრიპტის მაგალითი MNIST მონაცემთა მოსაგროვებლად. მაგალითის სრული საწყისი კოდი მისაწვდომია [https://github.com/](https://github.com/aymericdamien/TensorFlow-Examples/blob/master/examples/2_BasicModels/linear_regression.py)

[aymericdamien/TensorFlow-Examples/blob/master/examples/2_BasicModels/linear_regression.py](https://github.com/aymericdamien/TensorFlow-Examples/blob/master/examples/2_BasicModels/linear_regression.py) ბმულზე. მონაცემების ჩატვირთვა შეიძლება იყოს შესრულებული სტანდარტული საშუალებებით, ამიტომ აქ არ აღიწერება.

1. *ქსელის არქიტექტურის აგება.* დაიყვანება მონაცემთა ნაკადის გრაფის განსაზღვრამდე.

```
# ქსელის შესასვლელის დაყენება
x = tf.placeholder(tf.float32, [None, 784]) # mnist data image of shape 28*28=784
y = tf.placeholder(tf.float32, [None, 10]) # 0-9 digits recognition =>10 classes

# ქსელის წონების დაყენება
W = tf.Variable(tf.zeros([784, 10]))
b = tf.Variable(tf.zeros([10]))

# მოდელის კონსტრუირება
pred = tf.nn.softmax(tf.matmul(x, W) + b) # Softmax

# შეცდომის ფუნქციის განსაზღვრა
cost = tf.reduce_mean(-tf.reduce_sum(y*tf.log(pred), reduction_indices=1))

# ოპტიმიზაციის მეთოდის განსაზღვრა
optimizer = tf.train.GradientDescentOptimizer(learning_rate).minimize(cost)
```

2. ნეირონული ქსელის სწავლება.

```

# ცვლადების ინიციალიზაცია (მნიშვნელობათა დაყენება დაფარული შეთანხმებით) init
= tf.global_variables_initializer()

# სესიის შექმნა სწავლების ციკლის გასაშვებად
with tf.Session() as sess:

    # სესიის ინიციალიზაცია
    sess.run(init)

    # სწავლების ციკლი ეპოქათა რაოდენობის მიხედვით
    for epoch in range(training_epochs):
        avg_cost = 0.
        total_batch = int(mnist.train.num_examples/batch_size)
        # ციკლი ეპოქის ელემენტების მიხედვით for
        for i in range(total_batch):
            batch_xs, batch_ys = mnist.train.next_batch(batch_size)
            # ოპტიმიზაციის მეთოდის გაშვება
            _, c = sess.run([optimizer, cost], feed_dict={x: batch_xs,
                                                            y: batch_ys})

            # საშუალო შეცდომის გამოთვლა
            avg_cost += c / total_batch

        # მიმდინარე მდგომარეობის ასახვა
        if (epoch+1) % display_step == 0:
            print("Epoch:", '%04d' % (epoch+1), "cost=", "{:.9f}".format(avg_cost))
        print("Optimization Finished!")

```

3. ნეირონული ქსელის ტესტირება.

```

# მოდელის ტესტირება
correct_prediction = tf.equal(tf.argmax(pred, 1), tf.argmax(y, 1))

# სიზუსტის გამოთვლა
accuracy = tf.reduce_mean(tf.cast(correct_prediction, tf.float32))

print("Accuracy:", accuracy.eval({x: mnist.test.images, y: mnist.test.labels}))

```

7. ბიბლიოთეკა MXNet

7.1 მოკლე აღწერა

MXNet- მანქანური სწავლების მრავალენოვანი ბიბლიოთეკაა, რომლის ძირითადი მიზანი ისაა,

რომ გააადვილოს მანქანური სწავლების ალგორითმების დაპროექტება, განსაკუთრებით ღრმა ნეირონული ქსელების. ბიბლიოთეკა მუშავდება მკვლევრების მიერ რამდენიმე უნივერსიტეტიდან

და კომპანიიდან Amazon Web Services, Baidu, Intel, NYU, NVIDIA, Microsoft და არაერთი სხვა ცნობილი კორპორაციის ხელშეწყობით. ვრცელდება Apache 2.0 ლიცენზიით.

ბიბლიოთეკა რეალიზებული C++ ენაზე. MXNet-ის დამპროექტებლები გვთავაზობენ პროგრამული ინტერფეისების რაც შეიძლება ფართო სპექტრს: C++, Python, R, Scala, Julia, Perl, Matlab, JavaScript. ბიბლიოთეკა არის კროსპლატფორმული და მას შეუძლია OC Linux, Windows და Mac OS ოპერაციულ სისტემებზე მუშაობა. MXNet ბიბლიოთეკა მოითხოვს დაყენებულ BLAS და OpenCV ბიბლიოთეკებს. პირველი გამოიყენება მატრიცული გამოთვლების დასაჩქარებლად, ხოლო მეორე - ჩატვირთვის ოპერაციათა შესასრულებლად და გამოსახულებათა გასაადიდებლად. TensorFlow ბიბლიოთეკის მსგავსად, MXNet-ს შეუძლია როგორც CPU-, ასევე GPU-რეჟიმში მუშაობა. GPU-რეჟიმი მოითხოვს პარალელური გამოთვლების CUDA პლატფორმისა და cuDNN ბიბლიოთეკის არსებობას. MXNet ბიბლიოთეკა ორიენტირებულია ჰეტეროგენურ (არაერთგვაროვან) გარემოზე, ამიტომ არის ქსელების განაწილებული სწავლების საშუალება რამდენიმე ფიზიკურ კომპიუტერზე ან რამდენიმე გრაფიკულ პროცესორზე.

7.2 ბიბლიოთეკასთან მუშაობის ზოგადი მოდელი. ღრმა მოდელების მხარდაჭერილი ტიპები

MXNet ბიბლიოთეკა ათავსებს დეკლარაციულ სიმბოლურ გამოთვლებს და იმპერატიულ ტენზორულ გამოთვლებს. სიმბოლური გამოთვლების გამოყენება რიცხვითი ცდომილებების დაგროვების თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა და ამით

უზრუნველყოფს წავლების პროცესის უფრო სწრაფ კრებადობას.

ბიბლიოთეკის იმპერატიული ნაწილი შეიცავს პროგრამულ ინტერფეისს, რომლის მგავსი არის NumPy პაკეტში. პროგრამული ინტერფეისის იმპერატიული ნაწილის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს **NDArray**. ტიპის ობიექტი. ამ ტიპის ობიექტები ისევე როგორც NumPy პაკეტის ობიექტები, გამოიყენება მონაცემთა მრავალგანზომილებიანი მასივების (ტენზორების) წარმოსადგენად. მრავალგანზომილებიანი მასივებისგან განსხვავებით NumPy პაკეტში **NDArray** ტიპის ობიექტი შეიცავს მაჩვენებელს (pointer-ს) მეხსიერების იმ უბანზე, რომელიც გამოყოფილია (CPU-ზეან GPU-ზე) მონაცემთა შესანახად. ამიტომ ხსენებული ობიექტების შექმნისას აუცილებელია ცხადი ფორმით იმის მითითება, თუ სად ინახება მონაცემთა მასივები. MXNet ბიბლიოთეკის ძალა ვლინდება გამოთვლათა შესრულების მომენტში. ნებისმიერი ოპერაცია სრულდება განრიგის მიხედვით და მისი გაშვება იმ მომენტში ხდება, როცა ყველა შემავალი დამოკიდებულება გამზადებულია [31]. განრიგი განისაზღვრება მონაცემთა ნაკადის გრაფით TensorFlow ბიბლიოთეკის ანალოგიურად.

თუმცა იმპერატიული პროგრამული ინტერფეისი განსაკუთრებით ეფექტურია თავისთავად, იგი ხშირად ძალზე მარტივია პროტოტიპშიც. ოპერაციათა შესრულებისას ყველაფერი უნდა იყოს ცნობილი წინასწარ გამოთვლის შესახებ დროზე ადრე. სიმბოლური პროგრამული ინტერფეისი ცდილობს ამის გამოსწორებას. განსაზღვრულ მასივებთან მუშაობის ნაცვლად მთელი მუშაობა ტარდება სიმბო-

ლოებთან, რომლებიც შეიძლება იყოს «კომპილირებული» ან ინტერპრეტირებული განსახორციელებელ ოპერაციათა ერთობლიობისთვის.[31]. შრეთა დიდი რაოდენობის არსებობა ინტერფეისის სიმბოლურ ნაწილში საკმაოდ რთული ღრმა ნეირონული ქსელების ფორმირების საშუალებას იძლევა. ქვემოთ მოტანილია მხოლოდ ზოგიერთი ძირითადი შრე, უფრო დაწვრილებითი ინფორმაციის მიღება შეიძლება [32] ნაშრომიდან.

- **Variable**–შემავალი მონაცემების წარმოდგენის შრე.
- **FullyConnected**–სრულადდბმული შრე.
- **Convolution**–კონვოლუციური შრე.
- **Deconvolution** – დეკონვოლუციური შრე.
- **Pooling**– შემავალი მონაცემების გაერთიანების ოპერაცია.
- **BatchNorm**–ნორმალიზაციის შრე.

• **Activation** – აქტივაციის ფუნქცია. აქტივაციის ფუნქციის ტიპი მოიცემა შრის პარამეტრით. მაგალითებია:“**tanh**”,“**relu**”და სხვა.

• ***Output** (მაგალითად, **SoftmaxOutput**, **LinearRegressionOutput**)–ქსელის გამომავალი შრე, რომელიც დამატებით განსაზღვრავს შეცდომის ფუნქციას.

• **RNN**– რეკურენტული შრე.

• **Dropout**–შრე, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის სწავლების პროცესში ნიშანთა ვექტორის კომპონენტების ნებისმიერი მასივის განულებას, რითაც ვექტორის სიგრძის კორექტირება ხდება.

7.3 ქსელის დაპროექტების მაგალითი, ქსელის სწავლება და ტესტირება

ქსელის არქიტექტურის აგება, სწავლება და ტესტირება დაიყვანება სკრიპტის დამუშავებამდე Python ენაზე.

1. გარემოს გამართვა და მონაცემთა ჩატვირთვა.

```
import mxnet as mx
import logging

logging.getLogger().setLevel(logging.DEBUG) # ლოგირება stdout- ში

# მონაცემთა MNISTკრებულის ჩატვირთვა
# გამოსახულებების «დასტა»წარმოდგენილია ოთხგანზომილებიანი მასივის სახით,
# რომლის ზომაა (batch_size, num_channels, width, height).
# გამოსახულებებსმონაცემთა MNISTკრებულიდან აქვსგარჩევითობა
# 28x28 პიქსელი, ამიტომშესასვლელის ზომაარის(batch_size, 1, 28, 28)
#https://mxnet.incubator.apache.org/tutorials/python/mnist.html          mnist          =
mx.test_utils.get_mnist()
```


2. ქსელის არქიტექტურის აგება. არქიტექტურის აგების ეტაპზე გამოიყენება ორი - IO და Symbol - საკვანძო კლასი. პირველი კლასი უზრუნველყოფს მონაცემთა გარდასახვას ტენზორებად და მონაცემთა არევას. მეორე კლასი კი შრეთა ფორმირების შესაძლებლობას იძლევა.

```
# მოდელის
ინიციალიზაცია batch_size=
100
# 1. იტერატორის შექმნა საწვრთნელი მონაცემების გადასარჩევად
train_iter = mx.io.NDArrayIter(mnist['train_data'], mnist['train_label'],
                               batch_size, shuffle = True)
# 2. იტერატორის შექმნა სავალიდაციო მონაცემების გადასარჩევად
val_iter = mx.io.NDArrayIter(mnist['test_data'], mnist['test_label'], batch_size)
# 3. ქსელის არქიტექტურის ფორმირება
data= mx.sym.var('data') # მონაცემთა შემავალი შრე
data=mx.sym.flatten(data=data)#ტენზორისგან 1-ის ტოლ განზომილებათა გადაგდების შრე fc=
mx.sym.FullyConnected(data = data, num_hidden = 10)# სრულადბმული შრე
logreg = mx.sym.SoftmaxOutput(data = fc, name = 'softmax')# აქტივაციის softmax ფუნქცია
```

3. ნეირონული ქსელის სწავლება. სწავლებისათვის აუცილებელია კონტეინერის შექმნა, რომელიც წარმოადგენს Module კლასის ობიექტს, და fit მეთოდის გამოძახება, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის პარამეტრების სწავლებას.

```
# მოდულის შექმნა სწავლებისათვის
# https://mxnet.incubator.apache.org/api/python/model.html logreg_model =
mx.mod.Module(symbol = logreg, context = mx.cpu())
# ქსელის სწავლების პროცედურის გაშვება logreg_model.fit(train_iter, #
საწვრთნელი მონაცემები
    eval_data = val_iter, # სავალიდაციო მონაცემები
    optimizer = 'sgd', # ოპტიმიზაციის მეთოდი, რომელიც გამოიყენება
სწავლებისას optimizer_params = {'learning_rate':0.1}, # მეთოდის პარამეტრები
    eval_metric = 'acc', # მეტრიკა სწავლების ხარისხის შესაფასებლად (სიზუსტე)
    batch_end_callback=mx.callback.Speedometer(batch_size,100),#პროგრესის გამოტანა num_epoch = 10) #
საწვრთნელ ეპოქათა რაოდენობა
```

4. ნეირონული ქსელის ტესტირება. ტესტირებისათვის აუცილებლად უნდა შეიქმნას ხარისხის მეტრიკის ობიექტი და მოხდეს score მეთოდის გამოძახება კონტეინერის მოდელიდან

```

# იტერატორის შექმნა სატესტო მონაცემებისათვის
test_iter = mx.io.NDArrayIter(mnist['test_data'], mnist['test_label'], batch_size)
# ხარისხის ტესტირებისას შესაფასებელი მეტრიკის არჩევა
acc= mx.metric.Accuracy()
# ხარისხის შეფასება მონაცემთა სატესტო კრებულზე
logreg_model.score(test_iter, acc)
# მონაცემთა სატესტო კრებულზე ქსელის მუშაობის შედეგის ბეჭდვა print(acc)

```

დასკვნა

ამჟამად ღრმა ნეირონული ქსელების სწავლებისთვის შექმნილია პროგრამულ სისტემათა დიდი რაოდენობა. მათ შორის ყველაზე პოპულარულია Caffe, Theano, TensorFlow, Torch და CNTK. ბიბლიოთეკა Caffe - ერთ-ერთი პირველია ღრმა სწავლების ყველაზე პოპულარულ სისტემათა შორის. იგი შექმნა კომპიუტერული ხედვისა და სწავლების ბერკლის ცენტრში (Berkeley Vision and Learning Center) და მისი საწყისი კოდები ცნობილი გახდა 2014 წელს. ამ ბიბლიოთეკაში წარმოდგენილია უშუალო გამოსაყენებლად გამზადებული წინასწარ ნასწავლი მოდელები. სისტემა Theano შექმნილია მონრეალის უნივერსიტეტში (კვებეკი, კანადა). მართალია, იგი იყენებს Python-ს, მაგრამ უზრუნველყოფს მაღალ მწარმოებლურობას იმის გამო, რომ პროგრამა Python-ზე ავტომატურად გარდაისახება C++ ენის პროგრამად და იგი მხოლოდ კომპილაციის შემდეგ სრულდება. TensorFlow შექმნილია 2015 წელს Google კომპანიის მიერ და შეიცავს ეფექტურად მუშაობის სისტემებს ტენზორებთან და გრაფზე მონაცემთა ნაკადებთან. Torch ბიბლიოთეკა იყენებს Lua ენას და უზრუნველყოფს MATLAB სისტემის მსგავს ძალიან მოხერხებულ მაღალდონიან

ინტერფეისს მანქანური სწავლების პროგრამათა შესაქმნელად. მაღალი მწარმოებლურობა მიიღწევა ისევე, როგორც Theano-ში, სახელდობრ, ინტეგრაციის ხარჯზე დაპროგრამების C ენასთან. Torch-ის ავტორებმა Python-ის ნაცვლად ამჯობინეს Lua ენის გამოყენება, ეტყობა, იმიტომ, რომ C და Lua ენათა ინტეგრაცია უფრო ადვილია. Microsoft კომპანიამ შექმნა CNTK (Cognitive Toolkit) სისტემა და 2016 წელს მისი საწყისი კოდების განსაჯაროებაზე წავიდა. ნეირონული ქსელების ღრმა სწავლების ყველა ჩამოთვლილ სისტემას შეუძლია სწავლების დასაჩქარებლად როგორც მრავალბირთვიანი პროცესორების, ასევე გამოთვლათა დამაჩქარებლების გამოყენება. გარდა ამისა, თითქმის ყველა სისტემა (გამონაკლისია, მაგალითად, Theano) შეიძლება იყოს გამოყენებული ნეირონული ქსელების განაწილებული სწავლებისათვის გამომთვლელ კლასტერებზე. ხსენებულ სისტემებთან ერთად, ასევე აღსანიშნავია Keras სისტემა, რომელიც გამოსაყენებლად მოხერხებულ და მარტივ პროგრამულ ინტერფეისს წარმოადგენს ღრმა ნეირონული ქსელების დასასწავლად. მაგრამ Keras სისტემა არ არის დამოუკიდებელი პროდუქტი და იგი მხოლოდ

Theano, TensorFlow ან CNTK პროგრამულ სისტემებთან ერთად გამოიყენება. 2016 წლიდან იგი ჩართულია TensorFlow-ში. ჩატარებული განხილვიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნეირონული ქსელების პრაქტიკულ გამოყენებათა ფართო გავრცელება შესაძლებელია ღრმა ნეირონული ქსელების სწავლებითა და მათ შორის თანამედროვე მრავალბირთვიანი პროცესორების, გამოთვლათა დამაჩქარებლების და განაწილებული მეხსიერების მქონე კლასტერების მოქმედებით.

ლიტერატურა

1. Haykin S. Neural networks: A comprehensive foundation. 2nd edition. Prentice-Hall. 1998, 842 p.
2. Osovsky S. Neural networks for information processing. Finance and statistics. Moscow. 2002, 344 p. (in Russian).
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. MIT Press. 2016.
URL: <http://www.deeplearningbook.org>
4. Tarkov M. Electronic course "Neurocomputer systems".
URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/61/61/info> (in Russian).
5. Kustikova V.D., Druzhkov P.N. A survey of deep learning methods and software for image classification and object detection. Proceedings of the ORGW 2014. University of Koblenz-Landau. Koblenz. 2014.
6. Kruchinin D.A., Dolotov E.A., Kustikova V.D., Korniyakov K.V., Druzhkov P.N. Comparison of deep learning libraries on the problem of handwritten digit classification. Communications in computer and information science. 2015, 399-411 pp.
URL: <http://caffe.berkeleyvision.org>
7. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org>
8. URL: <http://torch.ch>
9. URL: <https://www.tensorflow.org>
10. URL: <https://mxnet.apache.org/>
11. URL: <https://github.com/NervanaSystems/neon>
12. URL: <https://pytorch.org>
13. URL: http://www.iro.umontreal.ca/~lisa/pointeurs/theano_scipy2010.pdf
14. URL: <http://deeplearning.net/software/theano/>
15. URL: <https://keras.io>
16. URL: <https://github.com/nitishsrivastava/deepnet>
17. URL: <https://github.com/kyunghyuncho/deepmat>
18. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/darch/index.html>
19. URL: <http://hpceducation.unn.ru/%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8B/intel-neon-framework> (in Russian).
20. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist>
21. URL: <http://www.cad.zju.edu.cn/home/dengcai/Data/MNIST/images.html>
22. Kruchinin D, Dolotov E, Kustikova V, Druzhkov P, Korniyakov K. Comparison of deep learning libraries on the example of the task of classifying handwritten figures.
URL: <https://habrahabr.ru/company/intel/blog/254747> (in Russian).
23. URL: <https://github.com/BVLC/caffe/tree/windows>
24. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/tutorial/layers.html>
25. URL: <http://caffe.berkeleyvision.org/tutorial/solver.html>
26. URL: <https://github.com/torch/nn/blob/master/README.md>
27. URL: <https://github.com/torch/nn/blob/master/doc/simple.md#nn.simplelayers.dok>

28. URL: <https://github.com/torch/nn/blob/master/doc/convolution.md#nn.convlayers.dok>
29. URL: <https://github.com/torch/nn/blob/master/doc/transfer.md#nn.transfer.dok>
30. URL: <https://github.com/tensorflow/tensorflow>
31. TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems. Preliminary white paper. 2015
URL: <http://download.tensorflow.org/paper/whitepaper2015.pdf>
32. URL: <https://indico.io/blog/getting-started-with-mxnet>
-

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

Review of deep learning libraries

- Archil Prangishvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: a_prangi@gtu.ge
- Oleg Namicheishvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge
- Mikhael Ramazashvili** Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge

Reviewers:

Z. Gasitashvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: zur_gas@gtu.ge

N. Mchedlisvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: galoba47@mail.ru

Abstract. A survey of existing deep learning libraries is given, the task of recognizing handwritten numbers is considered and the network structure that corresponds to logistic regression is described. The article reviews brief descriptions for Caffe, Torch, TensorFlow, and MXNet libraries; a general model for working with the library; supported types of deep models; examples of network development as well as training and network testing.

Key words: Caffe; convolutional layers; handwritten digit classification; image classification; machine learning; MXNet; neural network; object detection; Python; TensorFlow; Torch.

UDC 004.9

SCOPUS CODE 1705

Обзор библиотек глубокого обучения

- Арчил Прангишвили** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: a_prangi@gtu.ge
- Олег Намичейшвили** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: o.namicheishvili@gtu.ge
- Михаил Рамазашвили** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: m.ramazashvili@gtu.ge

Рецензенты:

З. Гаситашвили, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: zur_gas@gtu.ge

Н. Мчедlishvili, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: galoba47@mail.ru

Аннотация. Дан обзор существующих библиотек глубокого обучения, рассмотрена задача распознавания рукописных цифр и описана сетевая структура, которая соответствует логистической регрессии. Для библиотек Caffe, Torch, TensorFlow и MXNet даны краткие описания, общая модель работы с библиотекой, поддерживаемые типы глубоких моделей, примеры разработки сети, обучение и тестирование сети.

Ключевые слова: Caffe; Torch; TensorFlow; MXNet; нейронная сеть; свёрточные слои; обучающая машина; язык Python; классификация рукописных цифр; классификация изображений; обнаружение объекта.

განხილვის თარიღი 05.03.2019

შემოსვლის თარიღი 19.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 553.558

SCOPUS CODE 1913

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-50-76>

ნინოწმინდის ნავთობგაზიანი საბადოს ლითოსტრატოგრაფია ღრმა ბურღვის მონაცემების მიხედვით

მეველედ შარიქაძე	გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: mevshar@mail.ru
ირაკლი თავდუმაძე	შპს “Kura Basin Operating Company (KBOC)”, საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 70 E-mail: irakli.tavdumadze@kboc.ge
ზურაბ სურამელაშვილი	შპს “Kura Basin Operating Company (KBOC)”, საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 70 E-mail: zurab.suramelashvili@kboc.ge

რეცენზენტები:

თ. ლომინაძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის საპატიო პროფესორი

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

ნ. ჯიქია, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: niazi@inbox.ru

ანოტაცია. ნინოწმინდის მოედნის დანალექ საფარში ორი სტრუქტურული სართული გამოიყოფა: ქვედა, პალეოგენური ასაკის ზღვიური ტერიგენული და ვულკანოგენურ-დანალექი (ტურბიდიტული) წყებებით აგებული ავტოქთონი და ზედა, ამ უკანასკნელზე ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან შემოცოცებული, ნეოგენური მოლასებით წარმოდგენილი, ალოქთონი. მეოტურ-პონტური ძირითადად კონგ-

ლომერატებით არის აგებული. ზედა სარმატი ლითოსტრატოგრაფიულად ორ ნაწილად იყოფა: ზედა, კონგლომერატულ და ქვედა, თიხიან-ქვიშაქვიან "წყებებად". შუა სარმატი წარმოდგენილია თიხებით, ქვიშაქვებით, ალევროლითებით, პირველის პრიმატით. რეგიონული ტექტონიკური რღვევის (შეცოცების) შედეგად უმეტესი ჭაბურღილის გეოლოგიური ჭრილიდან "ამოვარდნილია" შუა სარმატის ქვედა ინტერვალები, ქვედა სარმატი, შუა და ქვედა მო-

ცენი, ოლიგოცენის ზედა ნაწილი. ამასთანავე, აღნიშნული სტრატონების ტერიგენული წარმონაქმნების ფრაგმენტებთან ერთად, ზოგიერთ ჭრილში გამოიყოფა ქვედა მიოცენის ნავთობშემცველი თიხიან-ქვიშიანი ნალექები (საყარაულოს და კოწახურის სართულების ანალოგები). საზღვარი თიხიან-ქვიშიანი დასტებით აგებულ ოლიგოცენსა და ზედა ეოცენს შორის, ჩვენი მონაცემებით, ასევე ტექტონიკური ხასიათისაა. ამის გამო, მეტწილად, გეოლოგიური ჭრილებიდან “ამოვარდნილია” ოლიგოცენის ქვედა ჰორიზონტები და ზედა ეოცენის ზედა, ზოგჯერ კი შუა ნაწილი. ზედა ეოცენის შედარებით სრულ ჭრილებში გამოიყოფა (ზემოდან-ქვემოთ) თბილისის ნუმულიტებიანი და ნავთლულის წყებები, ამ უკანასკნელის ქვედა ნაწილში - ლიროლეპისიანი ჰორიზონტი. შუა ეოცენის ნავთობგაზშემცველი ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი სამად ნაწილდება (ზემოდან ქვემოთ): ორთოტუფიტების, ტუფების და პარატუფიტების "წყებებად"; მათ შორის შუა დანაყოფი – შრეობრივი ტუფების და მასიური ტუფების “ქვეწყებებად”. ქვედა ეოცენი და პალეოცენი მძლავრი ტერიგენული დასტებით არის აგებული. სტრატეგრაფიულად ქვემოთ განვითარებული უნდა იყოს ზედა ცარცის კარბონატული (ჭრილის ზედა ნაწილში) და ვულკანოგენურ-დანალექი (ქვედა ნაწილში) წარმონაქმნები. ზემოთ აღნიშნული სტრატონების თავდაპირველი (სედიმენტაციური) განლაგება უნდა ყოფილიყო თანხმობითი, რაც მოგვიანებით დაირღვა მრავალრიცხოვანი რღვევითი დისლოკაციის შედეგად.

საკვანძო სიტყვები: ალევროლითი; გეოლოგიური ჭრილი; თიხა; კონგლომერატი; ლითოლოგია; ნალექი; ნაოჭი; სტრატონი; ტექტონიკური რღვევა; ტუფი; ქვიშაქვა; წყება; ჭაბურღილი.

შესავალი

ნინოწმინდის საბადო, გარკვეულწილად, სამგორის ერთიანი ნავთობის საბადოს აღმოსავლურ სეგმენტს წარმოადგენს. ეს ტერიტორია ტექტონიკურად აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის აღმოსავლური დაძირვის ფარგლებში მდებარეობს, ადმინისტრაციულად კი საგარეჯოს მუნიციპალიტეტს ეკუთვნის (სურ. 1). სამგორის საბადო, სტრუქტურული თვალსაზრისით, სუბგანედური მიმართების რღვევებით გართულებული ბრაქიმორფული ნაოჭია, რომლის პალეოგენურ ნალექებში დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ თანამიმდევრულად გამოიყოფა სამგორის, პატარძელის და ნინოწმინდის თაღისებრი ამოწევები და რომლებთანაც დაკავშირებულია საქართველოში ყველაზე მნიშვნელოვანი ნავთობის საბადოები. მონაცემებს მათი გეოლოგიური აგებულების შესახებ დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია გაეცნოს ე. ვახანიას და დ. პაპავას [1], თ. გოჩიტაშვილის და ს. ლუდუშაურის [2], ჩვენს პუბლიკაციებსა [3,4] და მრავალ საფონდო ანგარიშში. შესაბამისად, აქ მხოლოდ ნინოწმინდის საბადოს გეოლოგიური აგებულების ზოგადი მიმოხილვით შემოვიფარგლებით.

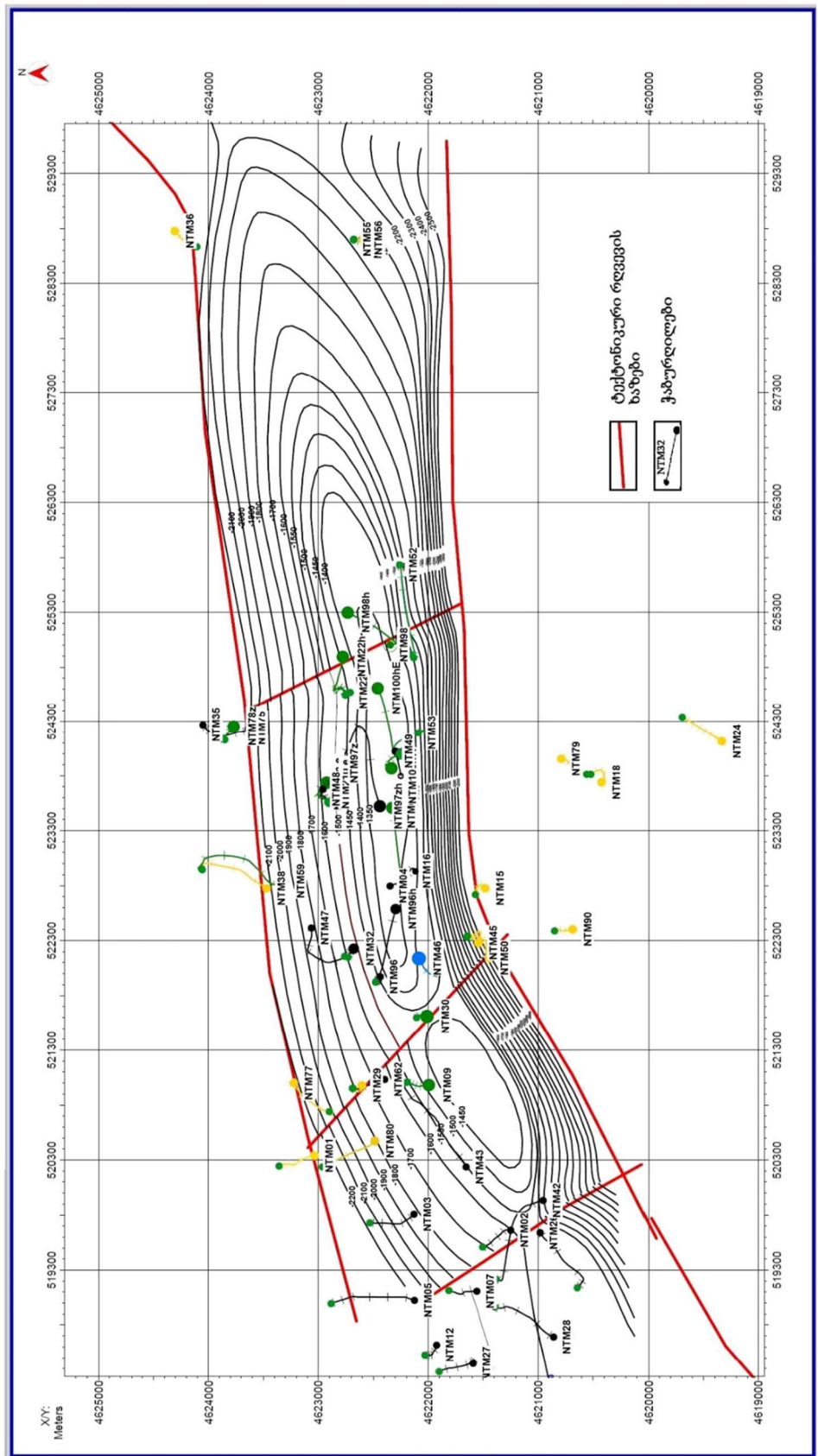
გეოლოგიური, გეოფიზიკური და ლრმა ბურღვის მონაცემებით, ნინოწმინდის მოედანი აგებულია ერთმანეთისგან რეგიონალური რღვევით (შეცოცებით) გაყოფილი ორი სტრუქტურული სართულისგან. ზე-

და სართული (ალოქთონი) წარმოდგენილია მიოკლიოცენური, ნაწილობრივ მაიკოპური ასაკის მძლავრი მოლასებით, ხოლო ქვედა (ავტოქთონი) – ცარცულ-პალეოგენური კარბონატული, ტერიგენული და ვულკანოგენურ-დანალექი ზღვიური კომპლექსებით. ალოქთონში გამოიყოფა კავკასიონური მიმართების მანავი-კაკაბეთის (ჩრდილო-აღმოსავლეთით) და პატარძელის (სამხრეთ-დასავლეთით) რღვევებით გართულებული ანტიკლინები და მათ შორის არსებული პალდოს ასიმეტრიული სინკლინი. ავტოქთონში განვითარებულია სუბგანედური (თრიალეთური) მიმართების ნინოწმინდის ბრაქიანტიკლინი. ამ უკანასკნელის სიგრძე შუაეოცენურ პროდუქტიულ წყებაში, წყალ-ნავთობის თავდაპირველ კონტურზე (-2120მ), 9 კმ-მდეა, სიგანე – 1.5-1.7კმ (სურ. 2). დასავლეთით, პატარძელის ბრაქიმორფული ანტიკლინისგან იგი გამოყოფილია მცირე ამპლიტუდის უნაგირით და ტექტონიკური რღვევით, აღმო-

სავლეთით კი მას კულისისებურად ენაცვლება მანავის ანტიკლინი. ნაოჭი ჩრდილოეთიდან და სამხრეთიდან შემოსაზღვრულია ტექტონიკური რღვევებით და ასიმეტრიული აგებულებით ხასიათდება: შუა ეოცენის სახურავზე მისი ჩრდილოეთი ფრთის დახრის კუთხე ცვალებადობს 15-20⁰-დან 40-50⁰-მდე, ხოლო სამხრეთის – 70-80⁰-მდე, ზოგან ყირაზეც დგას. სავლე-გეოლოგიური, სეისმური, ბურღვის, სარეწაო-გეოფიზიკური მონაცემების და ჭაბურღილებიდან აღებული სერიული შლამების ანალიზის საფუძველზე ნინოწმინდის მოედნის დანალექ საფარში დადგენილია სხვადასხვა ხასიათის, ასაკის, მიმართების და ამპლიტუდის მქონე ტექტონიკური რღვევები. ამათგან მნიშვნელოვანია მაიკოპურ-სარმატულ ნალექებში განვითარებული შეცოცების ხასიათის რეგიონალური რღვევა და, ჩვენ მიერ დადგენილი, მისი ერთ-ერთი მთავარი განშტოება, რომლის სიბრტყე ერთმანეთისგან საზღვრავს, მეტწილად, ზედაეოცენურ და ოლიგოცენურ ნალექებს [3].



სურ. 1. ნინოწმინდა-მანავის მიმოხილვითი რუკა



სურ. 2. ნინოწმინდის ანტიკლინის სტრუქტურული რუკა შუა ეოცენის სახურავზე

ნავთობგეოლოგიური თვალსაზრისით აქ უმთავრესია ავტოქოთონში, შუაეოცენურ ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში გახსნილი ნავთობის და გაზის (1979 წ.) და ზედა ეოცენის ტერიგენულ კოლექტორებში აღმოჩენილი (1986 წ.) ნავთობის ბუდობები, აგრეთვე მცირედებიტიანი ბუდობები ალოქოთონში – ქვედა მიოცენსა (2000წ.) და შუა სარმატში (2001 წ.). საბადოდან დღემდე სულ მოპოვებულია 1.7 მლნ ტ ნავთობი და 430 მლნ მ³ გაზი.

საწარმოო გაერთიანება “საქნავთობის”, მოგვიანებით შპს “GBOC”-სა და “CanArgo Georgia”-ს მიერ ნინოწმინდის მოედანზე გაბურღულია 50-ზე მეტი საძიებო, შემფასებელი და საექსპლუატაციო ჭაბურღილი, მათ შორის უკანასკნელ პერიოდში 7 ჭაბურღილი ჰორიზონტალური ლულით. ვიზუალურად და მიკროსკოპულად შესწავლილია კერნების ასეულობით და შლამების ათასობით ნიმუში, განსაზღვრულია მიკროფაუნის და ნანოპლანქტონის სხვადასხვა ასაკობრივი კომპლექსი, ჩატარებულია დიდი მოცულობის გეოლოგიური, საველე-გეოფიზიკური, ბურღვითი, გეოქიმიური, სარეწაო-გეოფიზიკური სამუშაოები და გამოკვლევები. მიღებული მონაცემები თავმოყრილი და დაცულია “საქართველოს ნავთობის და გაზის კორპორაციის” და კერძო ნავთობკომპანიების ფონდებში. სამწუხაროდ, ამ უზარმაზარი მოცულობის მასალის დიდი ნაწილი ჯერ კიდევ არ არის სათანადოდ გაანალიზებული და, რაც მთავარია, გამომზადებული. არ შევცდებით თუ ვიტყვით, რომ ამ მხრივ ნინოწმინდის მოედნის მაგალითი ტიპურია თბილისის მიმდებარე რაიონის და, საერთოდ, საქართველოს სხვა ნავთობგაზიან საბადოებსა და საძიებო ფართობებს შორის. არადა უკანასკნელ ათწლეულებში ჩვენს ქვეყანაში შექმნილ ვითარებას და უახლეს

პერსპექტივებს თუ გავითვალისწინებთ, სულაც არ იქნება გასაკვირი, ეს მართლაც ფასდაუდებელი მონაცემები საქართველოს დახურული ტერიტორიების შესახებ რომ განადგურდეს ან მნიშვნელობა დაეკარგოს. შპს “Kura Basin Operating Company”-ში (შპს “GBOC” და “CanArgo”-ს მემკვიდრე) მომუშავე ჩვენი პატარა ჯგუფის მიერ უკანასკნელ პერიოდში გამოქვეყნებული მონაცემები მხოლოდ მცირე ნაწილია იმასთან შედარებით, რაც ზემოხსენებული ორგანიზაციების ფონდებში ინახება. წინამდებარე ნაშრომი სწორედ ამ პრობლემას ეხმიანება, თანაც მასში მხოლოდ მცირე ტერიტორიის ლითოსტრატиграფიის საკითხებს შევხებით, რაც სულაც არ არის შემთხვევითი, ვინაიდან სტრატиграფია, როგორც ცნობილია, გეოლოგიური მეცნიერების ქვაკუთხედაა.

სანამ სათაურში დასმული საკითხის განხილვას შევუდგებოდეთ, მოკლედ შევხებით მეთოდური ხასიათის იმ ძირითად დებულებებს, რომლებიც საფუძვლად დაედო ჭაბურღილების გეოლოგიური ჭრილების სტრატეფიცირებას.

ჭაბურღილების ჭრილების სტრატეფიცირება გულისხმობს გეოლოგიური წარმონაქმნების ლითო- და ბიოსტრატეფიულ დანაწილებას, სტრატონების ლითოლოგიის და შეფარდებითი ასაკის განსაზღვრას, მათი საზღვრების, ურთიერთდამოკიდებულების, სიმძლავრეების და განლაგების სიღრმის დადგენას, ფაციესური თავისებურებების შესწავლას, სტრატეფიული დანაწილების სქემის შედგენას და კორელაციას. ამ მიზნით გამოიყენება ზედაპირული გეოლოგიური შესწავლის, ბურღვის, გაზის კაროტაჟის, შლამის და კერნის ანალიზის, საველე და სარეწაო გეოფიზიკის მონაცემები. გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ბურღვის სპეციფიკიდან

გამომდინარე, აღნიშნული საკითხების უმეტესობა უნდა გადაწყდეს რაც შეიძლება სწრაფად, ოპერატიულად. როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, ამ პრობლემების მოგვარებაში წამყვანი როლი ენიჭება სერიული შლამების მიკროსკოპული შესწავლის მონაცემებს [5]. აღსანიშნავია, რომ შპს “GBOC”-მა (შემდგომში შპს “CanArgo”) 1997-2004 წწ. ნინოწმინდის მოედანზე ხუთი ღრმა ვერტიკალური და შვიდი ჰორიზონტალური ჭაბურღილი გაბურღა. ბურღვის პროცესში მბს სტერეოსკოპური მიკროსკოპით შევისწავლეთ 4000-ზე მეტი შლამის და კერნის რამდენიმე ასეული ნიმუში.

გეოლოგიური ჭრილის სტრატეგიის ირეებისას პირველხარისხიანი მნიშვნელობა ენიჭება სტრატეგიული ერთეულების (სტრატონების) გამოყოფას, მათი საზღვრების და, აგრეთვე, რღვევის ზონების დადგენას. საზღვარი რაიონში გავრცელებულ ყველაზე ახალგაზრდა სტრატონებს – მეოტურ-პონტურსა და ზედა სარმატს შორის, რომელთა ზედაპირული გეოლოგიური ჭრილები ძირითადად კონგლომერატებით, ნაწილობრივ თიხებით და ქვიშაქვებით არის აგებული, პირობითად შეიძლება გატარდეს ქვარგვალეებზე შეჭრის (ინკორპორაციული) სტრუქტურების არსებობის საფუძველზე. როგორც გამოირკვა, ასეთი სტრუქტურები ძირითადად კახეთის ქედის სამხრული ფერდობის მეოტურ-პონტური ასაკის კონგლომერატების ქვარგვალეებზე აღინიშნება [6]. რაც შეეხება ჭაბურღილებს, ეს საზღვარი, ჩვენი მოსაზრებით, უნდა გატარდეს იქ, სადაც დადგავალ გეოლოგიურ ჭრილში მთავრდება, მეტწილად, კონგლომერატებით (ჭრილის საერთო მოცულობის არანაკლებ 80%) აგებული ინტერვალი და იწყება

კონგლომერატების, კარბონატული უსტრუქტურო თიხების, პოლიმიქტური დაუხარისხებელი ქვიშაქვების და ალევროლითების არათანაბარი მორიგეობა პირველის უპირობო პრიმატი. ელექტროკაროტაჟულ (KC) დიაგრამებზე ეს გარემოება აისახება დომინირებული მაღალი ხვედრითი ელექტროწინალობის მქონე დიდი მონაკვეთის შეცვლით მაღალი და შედარებით დაბალი ელექტროწინალობის არათანაბარი მორიგეობით დახასიათებული ინტერვალით.

თბილისის მიმდებარე რაიონის ზედასარმატული ნალექები (ისევე როგორც მათზე ახალგაზრდა წარმონაქმნები) ზღვიურ მიკროფაუნას არ შეიცავს; თუ არის, ძირითადად გადალექილია. ამასთან ერთად, აღნიშნული სტრატონის დადგავალ ჭრილში თვალსაჩინოდ კლებულობს უხეშნატეხიანი ქანების (პირველ რიგში, კონგლომერატების) შემცველობა, ძირითადად, თიხების მომატების ხარჯზე. შესაბამისად, შესამჩნევად მცირდება ქანების ხვედრითი ელექტროწინალობის მნიშვნელობები. აღნიშნულის გათვალისწინებით, საზღვარს ზედა და შუა სარმატს შორის ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილებში ვატარებთ ფორამინიფერების უკანასკნელი ადგილსამყოფელიდან (შუა სარმატი) სტრატეგიულად დაახლოებით 300-350 მ-ით მაღლა, ხშირ შემთხვევაში, ძლიერ ქვიშიან-ალევრითული სქელი დასტის (100მ) ქვეშ. ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ ამ ინტერვალის ქვეშ (შუა სარმატის ზედა ნაწილში), გეოლოგიურ ჭრილში მკვეთრად მატულობს თიხური ფრაქციის შემცველობა, რაც KC-ის დიაგრამაზე თითქმის ყოველთვის აისახება ხვედრითი ელექტროწინალობის მნიშვნელობის საფეხურებრივი და საკმაოდ სწრაფი შემცირებით, საშუალოდ, 10-15 ომმ-დან 5-8 ომმ-მდე.

ეს გარემოებები გეოლოგიური ჭრილის აღნიშნულ სტრატиграფიულ დონეს და წინააღმდეგობის კაროტაჟის დიაგრამის შესაბამის მონაკვეთს რეპერის მნიშვნელობას ანიჭებს. სავარაუდოდ, ზღვიური მიკროფაუნის გაქრობა და აღმავალ გეოლოგიურ ჭრილში უხეში მოლასების გაბატონება დროში უნდა ემთხვეოდეს საქართველოს სარმატული სედიმენტაციური აუზის ორად (კასპიის და შავი ზღვის) გაყოფის ხანას.

ნინოწმინდის და მომიჯნავე მანავის ტერიტორიებზე (აღმოსავლეთით), რეგიონალური ტექტონიკური რღვევის (შეცოცების) გამო, შუა სარმატის ქვედა ნაწილი, ქვედა სარმატი, შუა მიოცენი და, ნაწილობრივ, ქვედა მიოცენი, მეტწილად, “ამოვარდნილია” გეოლოგიური ჭრილიდან. ამის გამო შუა სარმატის კარბონატული ტერიგენული ნალექები ტექტონიკურად ეხება მაიკოპის (მეტწილად ოლიგოცენის) არაკარბონატულ თიხიან-ქვიშიან დასტებს. ეს გარემოება შესაბამისი ინტერვალის ელექტროკაროტაჟულ დიაგრამაზე აისახება, თავდაპირველად, ხვედრითი წინააღმდეგობის მაჩვენებლის თანდათანობითი და განუხრელი მატებით, შემდეგ კი (უშუალოდ რღვევის ზონაში) მკვეთრი, ნახტომისებრი შემცირებით, საშუალოდ, 8-10 ომმ-დან 0.8-3.0 ომმ-მდე. გარდა ამისა, რადიოაქტიური (გამა) კაროტაჟის მონაცემებით, რღვევის ქვეშა მაიკოპურ (ოლიგოცენურ) ქანებში თვალსაჩინოდ იზრდება რადიოაქტიური ფონის საერთო მნიშვნელობა. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ტექტონიკური რღვევის ზონის და მის ქვეშ მდებარე მაიკოპური ქანების ბურღვის პროცესში ხშირია გართულებები ნავთობის და გაზის გამოვლინებების, სარეცხი სითხის შთანთქმის, ჭაბურღილების კედლების ჩამონგრევის და საბურღი ინსტრუმენტის

ჩაჭერის სახით. გარდა ამისა, რღვევის ზონიდან ამოტანილი თიხური ქანების ნატეხებზე, მიკროსკოპით, ხშირად შეიმჩნევა დრესვის სარკეები, ნაკაწრები და ინკორპორაციული სტრუქტურები, შლამში კი მრავლად არის კალციტის ძარღვების ფრაგმენტები. ეს ყველაფერი საშუალებას გვაძლევს შედარებით ადვილად დავადგინოთ აღნიშნული ტექტონიკური საზღვრის მდებარეობა გეოლოგიურ ჭრილში.

გაცილებით რთულია საზღვრის გატარების საკითხი ლითოლოგიურად დაახლოებით ერთგვაროვანი ტერიგენული ქანებით აგებულ მაიკოპსა და ზედა ეოცენს შორის. ნინოწმინდის მოედანზე ეს საზღვარიც, ჩვენი მონაცემებით, მეტწილად ტექტონიკურია. რღვევის ქვეშ არსებული ქანები (ზედა ეოცენი), განსხვავებით ზემოთ მდებარესგან (ოლიგოცენისგან), მეტწილად კარბონატულია და მდიდარია მიკროფაუნით. გარდა ამისა, ტექტონიკური რღვევის ზონიდან (რაც კაროტაჟულ დიაგრამაზე აისახება ელექტროწინააღმდეგობის შედარებით მცირეამპლიტუდიანი ვარდნით) სტრატиграფიულად ქვემოთ, დაახლ. 150-200მ-ის დიაპაზონში, თანდათანობით მატულობს ელექტროწინააღმდეგობის საერთო მნიშვნელობა, საკუთრივ დიაგრამა კი ძლიერ დანაწევრებული ხდება, რაც აგრეთვე დამახასიათებელია ზედა ეოცენისთვის. სხვა თავისებურებებთან ერთად, სწორედ ეს მახასიათებლები დავუდეთ საფუძვლად საზღვრის გატარების საკითხს მაიკოპსა (ოლიგოცენსა) და ზედა ეოცენს შორის.

რაც შეეხება საზღვარს ზედა და შუა ეოცენს შორის, იგი ერთნაირად კარგად ტარდება როგორც ლითოლოგიური ნიშნით (ტერიგენული ქანები სიღრმეში,

შედარებით მცირე დიაპაზონში, იცვლება ვულკანო-გენურ-დანალექი წარმონაქმნებით), ისე კაროტაქული მონაცემებით – შუაეოცენური ქანების ხვედრითი ელექტროწინალობა ნახტომისებრად მატულობს, საშუალოდ 8-10 ომმ-დან 30-50 ომმ-მდე.

საზღვარი შუა და ქვედა ეოცენს შორის ასევე შედარებით იოლად ტარდება ლითოლოგიური და კაროტაქული მონაცემების საფუძველზე. კერძოდ, ვულკანოგენურ-დანალექი ქანები დადმავალ გეოლოგიურ ჭრილში იცვლება ნორმალურ-დანალექი ტერიგენული წარმონაქმნებით, რაც აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონაში და მათ შორის თბილისის მიმდებარე რაიონში ქრონოსტრატოგრაფიულად ემთხვევა შუა და გვიანი ეოცენის საზღვარს. იგი კაროტაქულ დიაგრამებზე აისახება ხვედრითი ელექტროწინალობის საკმაოდ მკვეთრი და, ამავე დროს, თანამიმდევრული შემცირებით, საშუალოდ, 20-30 ომმ-დან 2-6 ომმ-მდე. საზღვრის გატარების საკითხი ქვედა ეოცენისა და ზედა პალეოცენის ერთგვაროვან თიხიან-ქვიშიან დასტებს შორის დღემდე პრობლემაურია, ვინაიდან ჯერჯერობით ვერ გამოვავლინეთ ხელმოსაჭიდი ნიშან-თვისებები მისი ოპერატიულად გადაწყვეტის თვალსაზრისით.

რაც შეეხება ტექტონიკური რღვევის ზონების დადგენის მეთოდებს ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილში, ეს საკითხი განხილული გვაქვს ჩვენს ერთ-ერთ ნაშრომში [5] და, შესაბამისად, მას აღარ შეეხებით.

ნინოწმინდის მოედნის ამგებელი, ბურღვით გახსნილი დანალექი საფარის საერთო სიმძლავრე ხუთ კილომეტრამდეა. მის სტრატოგრაფიულ ერთე-

ულებს შორის ასაკობრივად ყველაზე ძველი პალეოცენურად თარიღდება (№100 ჭაბ.). სიღრმეში, მანავის მომიჯნავე მოედნის ბურღვის მონაცემების ინტერპოლაციის და სეისმური მონაცემების საფუძველზე, სავარაუდოა ზედაცარცული კარბონატული და ვულკანოგენურ-დანალექი წყებების არსებობა. ამ ნალექების ქვემოთ მოცემული დახასიათება ძირითადად ეყრდნობა GBOC და CanArgo ნავთობკომპანიების მიერ გაბურღულ ღრმა ჭაბურღილების [7-10], აგრეთვე “საქნავთობის” ადრე გაბურღული ათობით ჭაბურღილის ბურღვის მასალებს. გამოყენებულია ასევე დ. ბულიეშვილის [11], დ. პაპავას [12], დ. პაპავას და ვ. გვენეტაძის [13], თ. გოგიშვილის და ე. მამალაძის [14], ლ. თათარიშვილის [15] და სხვათა მონაცემები. კერნებსა და შლამებში არსებული მიკროფაუნა (ძირითადად ფორამინიფერები) განსაზღვრულია თ. ქუთათელაძის, ი. ჩუბინიძის, ლ. მაისურაძის, ზ. იმნაძის, მ. გოდერძიშვილის, ლ. ბიძინაშვილის, კ. ქოიავას, ლ. ქაჯაიას, მ. სვანის, ლ. ლომთათიძის, ბ. იაშვილის ნ. შათირიშვილის, ნანაოვლანქტონი – თ. ღავთაძის, ჯ. ათერსაჩის, ტ. უონდერსის მიერ, ქვიერი მასალა მიკროსკოპულად შესწავლილი აქვთ ლ. თათარიშვილს და, ნაწილობრივ, ნ. ომიადეს, ხოლო ვიზუალურად, ძირითადად, ვ. გვენეტაძეს.

ჩვენ მიერ უკანასკნელ პერიოდში მოპოვებული მასალების კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე შედგენილია ახალი ჭაბურღილების სტრატოგრაფიული ჭრილები, ჩატარებულია ათობით ძველი ჭაბურღილის გეოლოგიური ჭრილის სტრატოგრაფიული დანაწილების სქემების რევიზია; მიღებული მონაცემები ასახულია მე-3 სურათზე და I ტაბულაში.

ძირითადი ნაწილი

მეოთხეული (Q) განვითარებულია, ძირითადად, რაიონის სამხრეთ და დასავლეთ ნაწილებში. წარმოდგენილია, მეტწილად, ალუვიური, დელუვიური, პროლუვიური, ნაწილობრივ ტბიური და ელუვიური გენეტიკური ტიპებით: თიხნარებით, უსტრუქტურო თიხებით, ქვიშნარებით, ღორღით, ხრეშით, კაჭარით, რიყნარით; მაქსიმალური სიმძლავრე 80მ-დან 150მ-მდე მერყეობს. რაიონის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს წიწმატიანის ვრცელი დაბლობი, რომლის ზედაპირი შეესაბამება მდ. იორის პირველ ჭალისზედა ტერასას. აქ მეოთხეულის ალუვიური ნალექების სიმძლავრე, ბურღვის მონაცემებით, 400მ-მდე აღწევს [12].

ზედა პლიოცენი – აღჩაგილ-აფშერონი (N²a-ap) გავრცელებულია რაიონის ფარგლებს გარეთ, ჩრდილო-აღმოსავლეთით, გომბორის ქედის სამხრეთ კალთებზე და სამხრეთ-დასავლეთით, მდ. ივრის ხეობაში, სადაც უთანხმოდ არის განლაგებული მიოცენურ ნალექებზე. წარმოდგენილია მტკნარი წყლის კონტინენტური ფაციესით (“ალაზნის სერია”), ძირითადად, კონგლომერატებით, ნაწილობრივ სხვადასხვამარცვლოვანი ქვიშაქვებით, უსტრუქტურო თიხებით, გრაველიტებით (400-500მ).

ზედა მიოცენი – მეოტურ-პონტური (N¹m-p), როგორც ჩანს, თანხმობით აგრძელებს ანალოგიური ფაციესით წარმოდგენილ ზედა სარმატის ზედა, “კონგლომერატულ წყებას”. მისი მეტ-ნაკლებად დასაბუთებული ჭრილები გამოიყოფა №N¹21(150მ), 32(180მ), 38(490მ), 47(220მ), 48(150მ), 49(75მ), 53(80მ), 59(45მ) ჭაბურღილებში და სტრუქტურულად უკავშირდება პალდოს სინკლინის ძირს. ჩრდილო-აღმოსავლეთით

და სამხრეთ-დასავლეთით (სინკლინის ფრთებზე) სიმძლავრეები თანდათან მცირდება და, ბოლოს, სტრატონი ისოლება. წარმოდგენილია კონტინენტური მტკნარი წყლის უხეშნატეხოვანი ფაციესით (მოლასებით) – კონგლომერატებით (შეადგენს გეოლოგიური ჭრილის საერთო მოცულობის 80-85%-ს), რომელთა შორის გავრცელებულია უსტრუქტურო კარბონატული თიხების, სხვადასხვამარცვლოვანი პოლიმიქტური ქვიშაქვების და გრაველიტების, იშვიათად ალევროლითების ლინზები და შუაშრეები (“შირაქის წყება”). კონგლომერატები მასიურია, ცალკეული დასტის სისქე, საშუალოდ, 3 მ-დან 15 მ-მდე უნდა მერყეობდეს. ძირითადად აგებულია სხვადასხვა შეფერილობის მკვრივი, მყიფე, პელიტომორფული და წვრილკრისტალური კირქვების, მტკიცე წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების, შედარებით იშვიათად ეფუზიური ქანების და კაჟების ქვარგვალეებით; ცემენტი, მეტწილად, კრუსტიფიკაციურია და წარმოდგენილია კრისტალური კალციტით, ნაწილობრივ ფოროვანი და ფოროვან-ბაზალურია, აგებულია კარბონატული დაუხარისხებელი ქვიშაქვებით, თიხებით და ალევროლითებით.

ზედა მიოცენი – ზედა სარმატი (N¹s₃) ზედაპირზე გავრცელებულია პალდოს სინკლინის ფრთებზე და გახსნილია 40 ჭაბურღილში. სრული ჭრილები დაფიქსირებულია აღნიშნული სინკლინის ძირში, სხვაგან კი მოჭრილია სხვადასხვა სტრატოგრაფიულ დონეზე ეროზიის შედეგად. თანხმობით აგრძელებს შუა სარმატს და, როგორც ჩანს, ასევე თანხმობით იფარება მეოტური ნალექებით. მისი სიმძლავრეები სრულ ჭრილებში თითქმის თანაბრად არის განაწილებული და მერყეობს 1250 მ-დან 1385 მ-მდე (იხ. I ტაბულა).

როგორც ცნობილია, თბილისის მიმდებარე რაიონის და მეზობელი ტერიტორიების ზედასარმატულ-პლიოცენური ნალექები ძირითადად აღმავალი ტექტონიკური მოძრაობის პროცესშია წარმოქმნილი და მტკნარი წყლის უხემ მოლასას წარმოადგენს. ზედაპირული გეოლოგიური დაკვირვებების, შლამების და კერნების ანალიზის, ელექტროკაროტაჟული გამოკვლევების მიხედვით ზედა სარმატის აღმავალ გეოლოგიურ ჭრილში შეიმჩნევა შემადგენელი მასალის სიმსხოს გაზრდა თიხიან-ქვიშიანიდან გრაველიტ-კონგლომერატულამდე. კონგლომერატების ცალკეული შრეები და ლინზები ჩნდება ზედა სარმატის ქვედა ნაწილში, იშვიათად შუა სარმატის ზედა ინტერვალში. მათი შემცველობა აღმავალ ჭრილში თანდათანობით მატულობს და ზედა სარმატის ზედა ნაწილში გაბატონებულ მდგომარეობას იკავებს. ლითოლოგიური ნიშნის მიხედვით ნინოწმინდის ზედასარმატული წარმონაქმნები, შესაძლებელია, ორ, თითქმის თანაბარი სიმძლავრის (საშუალოდ, 500-დან 800მ-მდე), ნაწილად გავყთ: ქვედა, ე.წ. თიხიან-ქვიშაქვიანი და ზედა, კონგლომერატული “წყებები”. №№96, 97, 98 და 100 ჰაბურდილების სერიული შლამების ანალიზის მიხედვით, კონგლომერატული წყების შუა და ზედა ნაწილები ძირითადად აგებულია კონგლომერატებით (ჭრილის მოცულობის 70-80%), იშვიათად თიხებით და ქვიშაქვებით. ქვედა, თიხიან-ქვიშაქვიანი წყება წარმოდგენილია თიხებით (55-60%), ქვიშაქვებით (18-20%), კონგლომერატებით (15-18%), ალევროლითებით (5-8%), ძალზე იშვიათად თიხიანი მერგელებით. კონგლომერატები სქელი დასტების, შრეების და ლინზების სახით (10-15 მ, იშვიათად 40 მ) გავრცელებულია, ძირითადად, ჭრილის ზედა, 0-350 მ ინტერვალში, უფრო ღრმად მათი შემცველობა და სისქე

თანდათანობით კლებულობს თიხების და ქვიშაქვების მომატების ხარჯზე. კონგლომერატების ქვარგვანები აგებულია ნაცრისფერი, მოთეთრო, მოყვითალო-მოყავისფრო, მომწვანო და ვარდისფერი, ძალზე მკვრივი, წვრილკრისტალური და პელიტომორფული, ქვიშიანი და გადოლომიტებული კირქვებით, კარბონატული, წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვებით, მერგელებით, შედარებით იშვიათად მუქი ნაცრისფერი და ყავისფერი კაქვებით, მუქი ნაცრისფერი და შავი ანდეზიტ-ბაზალტებით, მომწვანო-მონაცრისფრო ტუფებით, რძისფერი კვარცით; ცემენტი ფოროვანი, ფოროვან-ბაზალური, კონტაქტური და კრუსტიფიკაციურია, წარმოდგენილია კარბონატული თიხებით, ალევროლითებით, ქვიშაქვებით და გრაველიტებით. თიხები ნაცრისფერი, მოთეთრო-მონაცრისფრო, მოყვითალო და მონაცრისფრო-მოცისფროა, პლასტიკურია, ალევროლითულია, კარბონატულია. ქვიშაქვები ნაცრისფერი და მონაცრისფრო-მოყვითალოა, მტკიცე და საშუალო სიმტკიცისაა, წვრილი, საშუალო და მსხვილმარცვლოვანია, კარბონატულია, პოლიმიქტურია; ცემენტი ფოროვანი და ფოროვან-ბაზალურია, თიხურ-კარბონატული. ალევროლითები მოყვითალო-მონაცრისფრო და ნაცრისფერია, საშუალო სიმტკიცისაა, კარბონატულია, ზოგჯერ თიხიანია; ცემენტი ფოროვანი და ბაზალურია. შედგენილობის, დაუხარისხებლობის, მომწიფების დაბალი ხარისხის, არაცხადად გამოხატული შრეობრიობის, ზღვიური ფაუნის ნაშთების არარსებობის და სხვა ნიშნების მიხედვით აღწერილი ქანები მტკნარ ან გამტკნარებულ აუზში წარმოქმნილ დელტურ ნალექებს ჰგავს. მათი მკვებავი ძირითადი წყარო (სუბსტრატი), როგორც ჩანს, მდებარეობდა კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის ზედაიურულ-ცარცული კარბონატული ფლიშის გავრცელების ზოლში.

ზედა მიოცენი, შუა სარმატი (Ni³S₂) ზედაპირზე გავრცელებულია, ძირითადად, პალდოს სინკლინის სამხრეთ-დასავლეთ ფრთაზე, ბურღვით კი გაჭრილია თითქმის ყველა ჭაბურღილით (იხ. I ტაბულა). თანხმობით აგრძელებს ქვედა სარმატს და ასევე თანხმობით იფარება ზედა ქვესართულით. ჭაბურღილების ჭრილებში მისი სიმძლავრე არასრულია: ქვედა ნაწილი, მეტწილად, მოჭრილია რეგიონალური რღვევით, ზედა კი გადარეცხილია ეროზიით. ასეთ პირობებში სტრატონის არასრული მაქსიმალური სიმძლავრეები არათანაბრად კლებულობს აღმოსავლეთიდან (1850-1980 მ) დასავლეთისკენ (300-120 მ), სრულ გამოსოფნამდე და სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ (1365-1418 მ-დან 780-838 მ-მდე). სიმძლავრეების გაზრდილი მნიშვნელობები, შესაძლებელია, შესხლეტა-შეცოცების ხასიათის რღვევებით იყოს განპირობებული. შლამების ანალიზის მიხედვით, შუა სარმატი ძირითადად აგებულია თიხებით (ჭრილის საერთო მოცულობის 65-70%), ქვიშაქვებით (15-20%), ალევროლითებით (10-12%), ძალზე იშვიათად კონგლომერატებით, მერგელებით და კირქვებით (3-4%). ამასთან, თიხური ქანები გაბატონებულია ჭრილის შუა და ქვედა ნაწილებში, ზედა კი ძირითადად ქვიშიან-ალევრითული ქანებით არის აგებული (250-300 მ). თიხები, ძირითადად, ნაცრისფერი, მონაცრისფრო-მოყვითალო და მომწვანო-მონაცრისფროა, რბილი ან სუსტად გამკვრივებულია, კარბონატულია, მეტ-ნაკლებად ალევრითულია და გაჯირჯვების უნარის მქონეა, მცირე ნაწილი მერგელოვანია. ქვიშაქვები ნაცრისფერი, ღია ნაცრისფერ-მოთეთრო და მონაცრისფრო-მომწვანოა, მტკიცე და საშუალო სიმტკიცისაა, მეტწილად წვრილმარცვლოვანია, იშვიათად საშუალო- და მსხვილმარცვლო-

ვანი, კარბონატულია, ძირითადად კვარც-მინდვრისშპატანია; ცემენტი ფოროვანია, შედარებით იშვიათად ფოროვან-ბაზალური და ბაზალური, თიხურ-კარბონატული. ალევროლითები ღია ნაცრისფერი, ნაცრისფერი, მოყვითალო და მონაცრისფრო-მომწვანოა, სხვადასხვა სიმტკიცისაა, კარბონატულია, კვარც-მინდვრისშპატან-ქარსიანია.

ზედა მიოცენი, ქვედა სარმატი (N13S1) რაიონის უმეტეს ნაწილში მოჭრილია რეგიონალური შეცოცებით. ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების საერთო კანონზომიერებიდან გამომდინარე და სარეწაო-გეოფიზიკური მონაცემების საფუძველზე იგი, შესაძლებელია, პირობითად გამოიყოს აღმოსავლეთ და დასავლეთ ნაწილებში, შესაბამისად, პატარძელის და ნორიო-კაკაბეთის ანტიკლინების ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთებზე. ძირითადად წარმოდგენილი უნდა იყოს თიხიან-ქვიშაქვიანი დასტებით, რომელთა სიმძლავრე, სავარაუდოდ, მერყეობს 75-122 მ-დან (დასავლეთით, №№2 და 12 ჭაბ.) 342-500 მ-მდე (აღმოსავლეთით, №№36 და 56 ჭაბ.). ქვედა სარმატი ზედაპირზე გავრცელებულია ტერიტორიის სამხრეთ-დასავლეთით, სოფ. პატარძელის მიდამოებსა და ივრის ხეობაში, სადაც ძირითადად აგებულია ქვიშიანი თიხებით და სხვადასხვამარცვლოვანი ქვიშაქვებით, პირველის პრიმატი; საერთო სიმძლავრე მერყეობს 200 მ-დან 380 მ-მდე [11]. სამხრეთით, ორმოიანის სინკლინის ძირში, ქვედა სარმატის ჭრილი იწყება კონგლომერატებით და ქვიშაქვებით, რომლებსაც სტრატეგრაფიულად ზემოთ მოუყვება თიხები კირქვების შუაშრებებით; არასრული სიმძლავრე 100მ-ია [12].

შუა მიოცენი (Ni²) ასევე პირობითად, ძირითადად ელექტროკაროტაჟული დიაგრამების მიხედვით,

არის გამოყოფილი ტერიტორიის დასავლეთ ნაწილში გაბურღულ ჭაბურღილებში, სადაც რეგიონალური რღვევის სიბრტყე მკვეთრად იწევს ზემოთ ჰიფსომეტრიულად და ასაკობრივად სულ უფრო ახალგაზრდა ნალექებს ეხება (№№2, 7, 12, 26, 27, 28, 42 ჭაბ.). აგებული უნდა იყოს, მეტწილად, ტერიგენული ნალექებით, რომელთა სიმძლავრეები, სავარაუდოდ, ცვალებადობს 205 მ-დან (№12 ჭაბ.) 524 მ-მდე (№28 ჭაბ.). დ. პაპავას მონაცემებით [12], ნინოწმინდის დასავლეთით, სოფ. სოფ. ნორიო-საცხენისის ზედაპირულ ჭრილებში ჩოკრაკული სართული წარმოდგენილია ქვიშაქვებით და ფერადი თიხებით, კონგლომერატების შუაშრეებით (150მ), კარაგანული და კონკური – კარბონატული თიხებით და ქვიშაქვებით (35მ). სამხრეთით, ორმოიანის სინკლინის ფარგლებში, თარხნული აგებულია კარბონატული თიხებით და მერგელებით, მაიკოპის ტიპის თიხების შუაშრეებით (20 მ), ჩოკრაკულში გავრცელებულია ქვიშაქვები თიხების თხელი შუაშრეებით (300 მ), კარაგანული და კონკური წარმოდგენილია, ძირითადად, თიხებით, ქვიშაქვების და კირქვების იშვიათი შუაშრეებით (200მ).

მაიკოპი, ოლიგოცენი+ქვედა მიოცენი ($P_3+N_1^1$), რაიონის ტერიტორიაზე, ისევე როგორც აღმოსავლეთით, მანავის და, ნაწილობრივ, დასავლეთით, პატარძელის მოედნების ფარგლებში, რთულ ტექტონიკურ პირობებში იმყოფება – სახურავიდან (ძირითადად, შუა სარმატიდან) და საგების მხრიდან (ზედა ეოცენიდან) შემოსაზღვრულია ტექტონიკური რღვევებით [2]. ძლიერ დისლოცირებული, რღვევებით დასახსრული, თიხიან-ქვიშაიანი ქანებით აგებული, თავდაპირველად მძლავრი, ამჟამად კი მნიშვნელოვნად შემცირებული ეს გეოლოგიური სხეული ფაქტობრივად ორი სტრუქტურული სართულის გამყოფი

ტექტონიკური ფირფიტაა. სახურავში განვითარებული ყველაზე მასშტაბური რღვევის (შეცოცების) სიბრტყე, საზოგადოდ, ჰიფსომეტრიულად ზემოთ იწევს აღმოსავლეთიდან დასავლეთით, კერძოდ, ნინოწმინდის ანტიკლინის აღმოსავლურ პერიკლინზე მდებარეობს ზღვის დონიდან მინუს 1537მ სიღრმეზე (№56 ჭაბ.), სტრუქტურის ცენტრალურ ნაწილში – მინუს 985მ (№100 ჭაბ.) – მინუს 757მ-ზე (№46 ჭაბ.), დასავლეთ დაბოლოებაზე, პატარძელის ანტიკლინის სასაზღვრო ზოლში – +225მ (№2 ჭაბ.) – +284მ-ზე (№28 ჭაბ.). ამასთანავე, ჩრდილოეთ ფრთაზე მისი ნიშნულები ცვალებადობს მინუს 1793მ-სა (№36 ჭაბ.) – მინუს 757მ-ს შორის (№1 ჭაბ.), სამხრეთ ფრთაზე – მინუს 892მ-დან (№15 ჭაბ.) – მინუს 982მ-მდე (№24 ჭაბ.). ძირითადად ამ გარემოებამ განაპირობა მაიკოპის სიმძლავრეების და მისი შემადგენელი სტრატოგრაფიული დანაყოფების არათანაბარი განაწილება გეოლოგიურ ჭრილში და ფართობზე. კერძოდ, სიმძლავრის მინიმუმები უკავშირდება სტრუქტურის თაღურ ნაწილს და მერყეობს 52-71მ-დან (№№32, 30 ჭაბ.) 81-90მ-მდე (№№22, 98 ჭაბ.); აღმოსავლეთ პერიკლინზე 220-245მ-მდე იზრდება (№№54, 56 ჭაბ.), დასავლეთ ნაწილში სიმძლავრის მატების ინტენსიურობა გაცილებით დიდია, მერყეობს 1086მ (№2 ჭაბ.) – 1455მ-ს შორის (№26 ჭაბ.), ჩრდილოეთ ფრთაზე ცვალებადობს 100-352მ-დან (შესაბამისად, №№59 და 35 ჭაბ.) 701-1019მ-მდე (№№36 და 5 ჭაბ.). სტრატონის მაქსიმალური სიმძლავრეები უკავშირდება ნინოწმინდის სტრუქტურის სამხრულ ფრთას – 1486მ (№18 ჭაბ.) – 1726 მ (№24 ჭაბ.). საზოგადოდ, მაიკოპის სიმძლავრეები ნინოწმინდის ანტიკლინის ყველაზე ამოწეული ცენტრალური ნაწილიდან იზრდება ოთხივე მხარეს, განსაკუთრებით კი სამხრეთ-დასავლეთით, რაც ამ მიმართულებით რეგიონალური სიბრტყის

ამოწევით არის გამოწვეული და რაც აქ არსებული ჭაბურღილების ჭრილებში აღნიშნული სტრატონის ახალგაზრდა სტრატოგრაფიული დანაყოფების გამოჩენას განაპირობებს. არსებული მასალების კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე ნინოწმინდის სტრუქტურის დასავლეთ ნაწილში (№№1, 2, 7, 12, 26, 27, 28, 42 ჭაბ.) და, ნაწილობრივ, ჩრდილო ფრთაზე (№№35 და 78^ა ჭაბ.), მაიკოპის ჭრილის ზედა ნაწილში გამოვყავით თიხიან-ქვიშიანი დასტებით აგებული ქვედა მიოცენი; ეს უკანასკნელი ზემოდან (ძირითადად, შუა სარმატიდან) შემოსაზღვრულია რეგიონალური რღვევის ერთ-ერთი განშტოებით, ხოლო ქვემოთ, მეტწილად, თანხმობით უნდა იყოს განლაგებული ოლიგოცენზე.

ქვედა მიოცენის საერთო სიმძლავრე მერყეობს, ნინოწმინდის მოედნის დასავლეთ ნაწილში, 193მ-დან (№1 ჭაბ.) 449მ-მდე (№28 ჭაბ.), ჩრდილოეთით – 135მ-დან (№35 ჭაბ.) 338მ-მდე (№36 ჭაბ.). შედარებით სრულ ჭრილებში წარმოდგენილი უნდა იყოს, ქვედა ნაწილში, საყარაულოს, ხოლო ზედაში – კოწახურის სართულების ანალოგებით (იხ. I ტაბულა).

კოწახური (N¹cz), ისევე როგორც მთელი მაიკოპი, ჩვენი ტერიტორიის ზედაპირზე არ შიშვლდება. დასავლეთით, პატარძელი-ნორიოს ზოლში, დ. ბულიევილის, დ. პაპავას და ვ. გვენეტაძის მონაცემებით [11, 13], კოწახური ძირითადად აგებულია მუქი ნაცრისფერი და მოყავისფრო, არაკარბონატული, მიკრო- და თხელშრეებრივი იაროზიტის თიხებით, ქვიშაქვების თხელი შუაშრეებით (150-250მ). შესატყვისი ნალექების გავრცელება უშუალოდ ნინოწმინდის ფართობზე შეიძლება ვივარაუდოთ ზოგიერთი ჭაბურღილის ქვედამიოცენურად მიჩნეული გეოლოგიური ჭრილის ზედა ნაწილში,

კაროტაჟულ დიაგრამებზე დაბალი ელექტროწინალობის შესაბამისი ინტერვალის არსებობით, რაც ამ დიაპაზონში ძირითადად თიხური ქანების გავრცელებას გულისხმობს.

საყარაულო (N¹sc) აგებულია, ძირითადად, ქვიშაქვებით, თიხების და ალევროლითების, ძალზე იშვიათად კირქვების შუაშრეებით. №78^ა ჭაბურღილის კერნის და შლამების მიკროსკოპული შესწავლის საფუძველზე [16], ქვიშაქვები ღია ნაცრისფერი და მონაცრისფრო-მოყვითალოა, სამუალო სიმტკიცის ან შედარებით სუსტად შეკავშირებულია, არაკარბონატული ან სუსტადკარბონატულია, წვრილი, სამუალო და მსხვილმარცვლოვანი, მეტწილად დაუხარისხებელია, ზოგჯერ შეიცავს მმ ზომის სხვადასხვა ხარისხით დამუშავებულ მარცვლებს, კვარც-მინდვრისშპატისანი და კვარც-არკოზულია; ქანების ნატეხები წარმოდგენილია გრანიტოიდებით, კვარციტებით, მჟავე ეფუზივებით და მეტამორფიტებით. ლ. თათარიშვილის და სხვათა მონაცემებით [15], №№35 და 36 ჭაბურღილების კერნების შლიფებში საყარაულოს შესატყვისი ქვიშაქვები აგებულია გრანიტოიდების დაშლის პროდუქტებით. თიხები მუქი ნაცრისფერი, მონაცრისფრო-მოყავისფრო, არაკარბონატულია, პლასტიკური ან სუსტად გამკვრივებულია, ზოგჯერ ფურცლოვანი და ალევრითულია; შეიცავს პირიტის მტვრისებრ მარცვლებს და ქარსების ქერცლებს. ალევროლითები ღია ნაცრისფერი, სუსტად შეკავშირებულია, კარბონატული და არაკარბონატულია, თიხიანია, კვარცმინდვრისშპატ-ქარსიანია; ცემენტი ფოროვანი და ბაზალური. კირქვები მონაცრისფრო-მოყავისფროა, მტკიცეა, პელიტომორფული და წვრილკრისტალურია, დოლომიტიზებულია.

ნინოწმინდის კაბურღილების გეოლოგიური კრილების სტრატეგრაფიული დანაწილება

№№	კაბ. №	კოორდინატები, X/Y	კაბ.-ის პირობის აღტი-ტულობა, მ	სტრატონების მდებარეობა, მ								
				პლიოცენი	ზედა სარმატი	შუა სარმატი	ქვედა სარმატი	შუა მიოცენი	მაიკოპი	ზედა ეოცენი	შუა ეოცენი	ქვედა ეოცენი პალეოცენი
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	<u>520245.4</u> 4623357	920,2	-	0-1250 * 920-327	1250-1677 -327-752	-	-	1677-2220 -752-1293	2220-3117 1293-2168	-	-
2	2	<u>519510.2</u> 4621502	855,4	-	-	0-250 855+605	250-325 +605+530	325-626 530+231	626-1703 +231-832	1703-2478 -832-1600	2478-2600 -1600-1722	-
3	3	<u>519730.3</u> 4622530	896,4	-	-	0-1080 +896-174	-	-	1080-1838 -174-919	1838-2781 -919-1849	2781-2920 -1850-1988	-
4	4	<u>522808</u> 4622246	979,4	-	0-1250 +979-270	1250-1828 -270-849	-	-	1828-1989 -849-1010	1989-2348 -1010-1369	2348-2863 -1369-1883	2863-3493 -1883-2504
5	5	<u>518996.1</u> 4622883	1043,3	-	-	0-1205 1043-150	-	-	1205-2224 -150-1126	2224-3348 -1126-2215	-	-
6	9	<u>521009.8</u> 4622189	887,6	0-15 887-873	15-1130 873-242	1130-1342 -242-451	-	-	1342-1648 -451-757	1648-2395 -757-1501	2395-2825 -1501-1929	-
7	15	<u>522712.3</u> 4621561	917,6	-	0-990 918-72	990-1810 -72-892	-	-	1810-2428 -892-1505	2428-2960 -1505-2036	-	-
8	16	<u>522814.3</u> 4622255	980,0	-	0-1190 980-207	1190-1865 -207-877	-	-	1865-2040 -877-1050	2040-2387 1050-1396	2387-2634 -1396-1643	-
9	18	<u>523821.4</u> 4620523	856,2	-	0-990 +856-131	990-1770 -131-909	-	-	1770-3256 -909-2390	-	-	-
10	21	<u>522814.3</u> 4622255	1144,9	0-150 1145+996	150-1400 +996-251	1400-2130 -251-979	-	-	2130-2244 -979-1093	2244-2750 1093-1593	2750-2961 -1593-1800	-
11	22	<u>524547.8</u> 4622753	1146,0	-	0-1260 1146-111	1260-2297 +111-1143	-	-	2297-2378 -1143-1225	2378-2665 -1225-1512	2665-3304 -1512-2122	-
12	24	<u>524349</u> <u>4619697</u>	798,1	0-50 798+748	50-1003 +748-205	1003-1780 205-977	-	-	1780-3503 -977-2695	-	-	-
13	26	<u>519131.6</u> 4620635	819,6	-	-	-	-	0-333 +820-487	333-1788 +487-912	1788-2536 -912-1563	2536-2670 -1569-1700	-
14	29	<u>520952</u> 4622683	929,4	-	0-1010 +929-81	1010-1455 -81-523	-	-	1455-1850 -523-918	1850-2665 -918-1731	2665-2705 1731-1771	-
15	30	<u>521600.2</u> 4622106	916,9	0-18 917+899	18-1330 -899-413	1330-1725 -413-805	-	-	1725-1796 -805-876	1796-2390 -876-1469	2390-2630 -1469-1709	-
16	32	<u>522151.1</u> 4622728	1008,5	0-180 1009-829	180-1480 829-462	1480-1932 -462-922	-	-	1932-2037 -922-1027	2037-2533 -1027-1523	2533-3125 -1523-2115	-
17	35	<u>524143.5</u> 4623866	1188,2	-	0-1080 1188+108	1080-2498 +108-1303	-	-	2498-3384 -1303-2187	-	-	-
18	36	<u>528635</u> 4624105	1190,0	-	0-670 1190+529	670-2650 +529-1444	2650-2992 -1444-1791	2992-3037 -1791-1838	3037-3693 -1838-2490	-	-	-
19	38	<u>522945.1</u> 4624055	1206,1	0-490 1206+713	490-1880 +713-568	1880-2331 -568-975	-	-	-	-	-	-
20	42	<u>519211.4</u> 4621378	892,0	-	-	0-120 +892+772	120-215 +772+677	215-590 +677+304	590-2158 +304-1068	2158-2830 -1068-1711	2830-2842 -1711-1723	-

* მრიცხველში – ბურღის პროფილით, მნიშვნელში – ზღვის დონიდან

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	43	520996.9 4622225	889.5	-	0-1130 +890-202	1130-1250 -202-314	-	-	1250-1774 -314-792	1774-2680 -792-1546	2680-2751 -1546-1613	-
22	45	522334.1 4621645	889.0	-	0-970 +899-77	970-1620 -77-722	-	-	1620-2460 -722-1559	2460-2616 -1559-1714	-	-
23	46	522006 4621934	907.5	-	0-1290 +908-374	1290-1665 -374-740	-	-	1665-1818 -740-891	1818-2348 -891-1417	2348-2910 -1417-1979	2910-2930 1979-1999
24	47	522158.9 4622760	1007.2	0-220 1007+787	220-1560 +787-503	1560-1904 -503-835	-	-	1904-2090 -835-1020	2090-2910 -1020-1821	2910-3082 -1821-1983	-
25	48	523548 4622907	1143.	0-150 1143+993	150-1400 +993-252	1400-2131 -252-983	-	-	2131-2247 -983-198	2247-2728 -1098-1577	-	-
26	49	524009.2 4622261	1125.8	0-75 1126+1051	75-1327 1051-200	1327-2138 -200-1011	-	-	2138-2220 -1011-1093	2220-2466 -1093-1339	2466-2972 -1339-1841	-
27	50	522344.7 4621640	891.6	-	0-980 +892-86	980-1618 -86-720	-	-	1618-2195 -720-1293	2195-3259 -1293-2339	-	-
28	52	524888.3 4622131	1189.2	-	0-1350 1189-144	1350-2496 -144-1181	-	-	2496-2593 -1181-1272	2593-2928 -1272-1597	2928-3462 -1597-2112	-
29	53	523980.1 4622247	1126.8	0-80 1127+1047	80-1332 +1047-203	1332-2244 -203-1061	-	-	2244-2318 1061-1131	2318-2708 1131-1509	2708-3275 -1509-2053	-
30	54	528704.4 4622684	1052.5	-	0-150 1053+903	150-2000 +903-942	2000-2451 -942-1393	-	-	-	-	-
31	55	519004.1 4622888	1043.3	-	0-150 1043+893	150-2070 +893-1027	2070-2615 -1027-1572	-	-	2615-2860 -1572-1817	2860-3160 -1817-2117	-
32	56	528702.2 4622677	1052.6	-	0-150 1053+903	150-2000 +903-943	2000-2500 -943-1443	2500-2590 -1443-1533	2590-2810 -1533-1752	2810-3090 -1752-2032	3090-3190 -2032-2133	-
33	59	522953.2 4624062	1199.2	0-485 1199+715	485-1870 +715-602	1870-2440 -602-1121	-	-	2440-2540 -1121-1214	2540-3496 -1214-2142	-	-
34	62	520952 4622690	927.5	-	0-1010 +928-79	1010-1445 -79-512	-	-	1445-1866 -512-927	1866-2612 -927-1663	2612-2702 -1663-1752	-
35	75	524136.1 4623858	1189.7	-	0-1115 1189+80	1115-2475 +80-1255	-	-	-	-	-	-
36	77	520740.5 4622901	924.1	-	0-1295 +924-363	1295-1650 -363-691	-	-	1650-2222 -691-1218	2222-2479 -1218-1464	-	-
37	78	524129 4623851	1188.1	-	0-1090 1188+106	1090-2455 +106-1254	-	-	2455-2800 -1254-1598	-	-	-
38	79	523820.7 4620562	859.2	-	0-950 +859-91	950-1788 -91-929	-	-	1788-2520 -929-1661	2520-2820 -1661-1464	-	-
39	80	520237.9 4622962	892.5	-	0-945 +893-48	945-1410 -48-488	-	-	1410-1922 -488-962	1922-2820 -962-1847	-	-
40	90	522388.9 4620848	906.2	-	0-940 +906-32	940-1580 -32-669	-	-	1580-2095 -669-1180	-	-	-
41	96	521922.9 4622477	983.2	-	0-1490 +983-507	1490-1914 -507-931	-	-	1914-2017 -931-1033	2017-2413 -1033-1429	2413-2731 -1429-1747	-
42	97	523874.1 4622799	1150	0-60 1150+1090	60-1340 1090-188	1340-2138 -188-984	-	-	2138-2300 -983-1145	2300-2612 -1145-1457	2612-2720 -1457-1564	-
43	98	524918.7 4622166	1185.7	-	0-1320 1186-132	1320-2330 -132-1138	-	-	2330-2420 -1138-1218	2420-2645 -1218-1445	2645-3013 -1445-1810	-
44	100	523990.1 4622249	1128	0-70 1128-1058	70-1320 1058-192	1320-2113 -192-986	-	-	2113-2190 -986-1063	2190-2450 1063-1322	2450-3190 -1322-2062	3190-4200 -2062-3072 4200-4927 -3072-3799

ოლიგოცენი (P₃), უმეტეს ჭაბურღილში, შუა და, ნაწილობრივ, ქვედა ქვესექციებით უნდა იყოს წარმოდგენილი. აგებულია, ძირითადად, არაკარბონატული თიხებით, არგილიტისებრი თიხებით და არგილიტებით, ალევროლითების, ქვიშაქვების და, იშვიათად, კირქვების შუაშრებით. №N97 და 100 ჭაბურღილების შლამების ანალიზის მიხედვით [9, 10], თიხური ქანები შეადგენს გეოლოგიური ჭრილის მოცულობის 70-80%-ს, ალევროლითები –10-12%-ს, ქვიშაქვები – -10%-ს, კირქვები – 2-3%-ს. თიხები ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერ-მოყავისფრო და მონაცრისფრო-მოცისფროა, პლასტიკური და

გამკვრივებულია, არაკარბონატული და სუსტად-კარბონატულია, ალევრითულია, ჩანართების სახით დიდი ოდენობის პირიტის მტვრისებრ მარცვლებს და მიკროზოლებად დალაგებულ მცენარეულ დეტრიტუსს შეიცავს; ზოგჯერ შეინიშნება ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრებული ლაქბრივი უბნები. ქვიშაქვები ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერი და მონაცრისფრო-მოყავისფრო, იშვიათად მონაცრისფრო-მომწვანოა, მტკიცეა, მეტწილად წვრილმარცვლოვანია, კარბონატული და არაკარბონატულია, კვარც-მინდვრისშპატიანი და გრა-

უვაკურია; ცემენტი ფოროვანი და ფოროვან-ბაზალურია. ალევროლითები ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერი და მოყავისფროა, სხვადასხვა სიმტკიცისაა, სუსტადკარბონატულია, ზოგჯერ 30-40%-მდე პელიტური მასალის შემცველია, კვარც-მინდვრისშპატ-ქარსიანია. კირქვები მოყავისფრო-მონაცრისფრო და მოყვითალოა, მტკიცეა, მყიფეა, პელიტომორფული და წვრილკრისტალურია, გადოლომიტებულია. გარდა აღნიშნულისა, ლ. თათარიშვილის მიერ ოლიგოცენის სხვადასხვა სტრატოგრაფიულ მონაკვეთში, შლიფებში, აღწერილია მუქი ნაცრისფერი ფურცელა თიხები, მურა ნაცრისფერი მერგელები და ნაცრისფერი, მსხვილმარცვლოვანი კვარც-არკოზული ქვიშაქვები.

ზედა ეოცენი (P₂) გახსნილია 39 ჭაბურღილში. ძირითადად წარმოდგენილია ზღვიური ტერიგენული წყებებით. მისი ზედა საზღვარი ოლიგოცენთან, როგორც აღვნიშნეთ, უმეტესწილად ტექტონიკურია. აქ, ზოგჯერ, შედარებით მცირე მასშტაბის ურთიერთპარალელური რღვევების რამდენიმე ზონა ფიქსირდება და, შესაბამისად, ლოკალური ტექტონიკური ქერცლები გამოიყოფა. რღვევის სიბრტყე, საზოგადოდ, ნაოჭის აღმოსავლეთ ნაწილში სუბპორიზონტულია, დასავლეთით, მსგავსად რეგიონალური შეცოცების სიბრტყისა, მკვეთრად იწევს მაღლა ჰიფსომეტრიულად. ქვედა საზღვარი, შუა ეოცენთან, თანხმობითაა ნაოჭის თალის გამოკლებით, სადაც ზედა ეოცენი მცირე სტრატოგრაფიული უთანხმოებით უნდა იყოს განლაგებული შუა ეოცენზე [3]. აღნიშნულის გამო ნინოწმინდის მოედანზე გაბურღულ არც ერთ ჭაბურღილში ზედა ეოცენი თავდაპირველი (სედიმენტაციური) სიმძლავრით არ არის წარმოდგენილი – მოჭრილია მისი ზედა და, ზოგჯერ, შუა ნაწილები.

მინიმალური სიმძლავრეები (225-280მ) დაფიქსირებულია აღმოსავლეთ ნაწილში, მაქსიმალური (760-1124მ) – დასავლეთით (იხ. I ტაბულა). სავარაუდოდ, სტრატონის თავდაპირველი სიმძლავრე არანაკლებ 1200-1300მ უნდა ყოფილიყო.

ზედა ეოცენი, ნინოწმინდის სტრუქტურის ფარგლებში (ისევე როგორც თბილისის მიმდებარე რაიონში), ფაციესური თავისებურებების მიხედვით იყოფა: ზედა, თბილისის ნუმულიტებიან და ქვედა, ნავთლულის წყებებად. პირველი მათგანის სიმძლავრე ყველგან არასრულია და მერყეობს 50-150მ-დან (აღმოსავლეთით) 900-1124მ-მდე (დასავლეთით), ხოლო მეორესი მეტ-ნაკლებად სრულია და ცვალებადობს 150-170მ-დან (აღმოსავლეთით) 210-240მ-მდე (დასავლეთით). თბილისის წყება ძირითადად წარმოდგენილია ნაცრისფერი, მეტწილად თხელ- და საშუალომრეობრივი, კარბონატული და სუსტადკარბონატული, პლასტიკური და არგილიტისებრი თიხებით, მტკიცე, წვრილმარცვლოვანი, იშვიათად საშუალო- და მსხვილმარცვლოვანი პოლიმიქტური და გრაუვაკური ქვიშაქვებით, ალევროლითებით, მერგელებით. ნავთლულის წყება აგებულია, ძირითადად, მუქი შეფერილობის ქანებით – თხელ- და საშუალომრეობრივი, სუსტადკარბონატული, ზოგჯერ ბიტუმიზებული თიხებით, არგილიტისებრი თიხებით, სუსტადკარბონატული, კვარც-მინდვრისშპატიანი და გრაუვაკური, წვრილ- და საშუალომარცვლოვანი ქვიშაქვებით, ალევროლითებით, იშვიათად კირქვებით და მერგელებით. წყების ქვედა ნაწილში გამოიყოფა თევზის ქერცლებით მდიდარი ე.წ. ლიროლეპისიანი ჰორიზონტი (15-25მ), რომელიც, ზემოაღნიშნულის გარდა, წარმოდგენილია აგრეთვე ტუფმერგელებით,

ტუფკირქვებით, ტუფქვიშაქვებით და ტუფებით. №№97, 98 და 100 ჭაბურღილების შლამების ანალიზის მიხედვით [8-10], ზედა ეოცენის გეოლოგიურ ჭრილებში თიხური ქანების საშუალო შემცველობა, საშუალოდ, 67-76%-ია, ალევროლითების – 12-15%, ქვიშაქვების – 7-9%, მერგელების – 3-4%, კირქვების – 1-2%. ეს ქანები ფორამინიფერების მდიდარ კომპლექსებს შეიცავს, რომელთა საფუძველზე ზედა ეოცენის ჭრილებში გამოიყოფა მიკროფაუნისტური ზონები (ზემოდან-ქვემოთ): *Bolivina antegressa*, *Globigerapsis index*, *Globigerina turkmenica*. გარდა ამისა, კაროტაჟული მონაცემების, კერნებისა და შლამების ანალიზის საფუძველზე, ნინოწმინდის ზედა ეოცენის შედარებით სრულ გეოლოგიურ ჭრილებში გამოვყავით 11-მდე ლითოსტრატოგრაფიული ჰორიზონტი [3].

შუა ეოცენი (P₂) ნინოწმინდის მოედანზე გახსნილია 24 ვერტიკალური ჭაბურღილის მიერ სხვადასხვა სტრატოგრაფიულ დონეზე. მათ შორის მხოლოდ ოთხმა გაჭრა ეს ნალექები მთლიანად, სახურავიდან საგებამდე (№№4, 46, 49, 100 ჭაბ.). კერნის მთლიანი ამოღებით (და, შესაბამისი კომპლექსური გამოკვლევებით) შუა ეოცენი გაიზურდა №4 ჭაბურღილის მიერ, დანარჩენ ჭაბურღილში ამოღებული და შესწავლილია 53 გრძივი მეტრი კერნი. ამასთან ერთად, №№96, 97, 98, 100 ვერტიკალური და შვიდი ჰორიზონტალური ჭაბურღილის ბურღვის პროცესში გამოვიკვლიეთ 1000-ზე მეტი შლამის ნიმუში. საერთოდ, თბილისის მიმდებარე რაიონის შუაეოცენური ნალექები კარგად არის შესწავლილი კომპლექსურად, ვინაიდან მათთან არის დაკავშირებული საქართველოს ყველაზე დიდი ნავთობის საბადოები.

შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი ქანების

მძლავრი კომპლექსი ჩვენი რაიონის ფარგლებში თანხმობით აგრძელებს ქვედაეოცენურ ტერიგენულ წარმონაქმნებს და ძირითადად ასევე თანხმობით იფარება ზედაეოცენური, დაახლოებით ერთგვაროვანი, თიხიან-ქვიშიანი დასტებით. ამ ნალექების სიმძლავრეების მაქსიმუმები (600-800მ) გამოვლენილია ბურღვით თაბორის, ლისის, საბურთალოს და ვარკეთილის ფართობებზე. აღმოსავლეთით, სამგორ-პატარძელის, ნინოწმინდის და მანავის მოედნებისკენ სიმძლავრეები მცირდება, შესაბამისად, 620-700მ, 515-560მ და 400-480მ-მდე.

თბილისის მიმდებარე რაიონში შუაეოცენური ქანების ცალკეული დასტის სიმძლავრე მერყეობს რამდენიმე მეტრიდან ათეულ მეტრებამდე. თითოეული მათგანი, საზოგადოდ, ერთ სედიმენტაციურ (ტურბიდიტულ) რიტმს შეესაბამება: იწყება შედარებით მსხვილნატეხოვანი, სქელი და მასიური ტუფებით და მთავრდება თხელშრეობრივი პელიტური და ვიტროფირული ტუფებით და ტუფიტებით (ისევე როგორც მთელი შუაეოცენური მასივი). ამასთანავე, შუა ეოცენის გეოლოგიურ ჭრილში ქანების მინერალურ-პეტროლოგიური, სტრუქტურულ-ტექსტურული და პეტროფიზიკური მახასიათებლების, დანაპრალების ინტენსიურობის, მეტასომატური გარდაქმნების ხასიათის თავისებური “დაშრევა” შეინიშნება, რაც გამოიხატება მყავე და საშუალო მყავე, სხვადასხვამარცვლოვანი, დანაპრალებული და დაუნაპრალებელი, განსხვავებული მასშტაბის შრეობრიობის მქონე, შეცვლილი და შედარებით სადი ქანებით აგებული დასტების მორიგეობაში და რაც, თავის მხრივ, განსაზღვრავს კოლექტორების და არაკოლექტორების განაწილებას მთელ ვულკანოგენურ-

დანალექ მასივში. ეს ყველაფერი კი, საბოლოო ანგარიშით, განპირობებულია, ძირითადად, სედიმენტაციური აუზის თავისებურებებით, ტექტონიკური რეჟიმით, ვულკანური მოქმედების ტიპითა და ხანგრძლივობით, დალექვის დინამიკით, პოსტსედიმენტაციური გარდაქმნების ხასიათით და ხარისხით და სხვ.

ნინოწმინდის და მიმდებარე ტერიტორიების შუაეოცენური ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი ქანების ნივთიერი შედგენილობის, სტრუქტურულ-ტექსტურული და გარდაქმნის თავისებურებების, პეტროფიზიკური და ხვედრითი ელექტროწინალობის მაჩვენებლების და სხვა მახასიათებლების მიხედვით შეიძლება სამ ძირითად ნაწილად დავყოთ: 1) ზედა – ორთოტუფიტების, 2) შუა – ტუფების და 3) ქვედა – პარატუფიტების “წყებები”. ამასთანავე, მოცულობით და კოლექტორული თვისებებით გამორჩეული ტუფების “წყება” ორ დაახლოებით თანაბარი სიმძლავრის ლითოსტრატოგრაფიულ ერთეულად შეიძლება გავყოთ: ზედა, შრეობრივი და შედარებით სახეცვლილი ტუფების და ქვედა, მასიური და მეტ-ნაკლებად საღი ტუფების “ქვეწყებები”. ნინოწმინდის ჭაბურღილების შედარებით სრულ ჭრილებში ორთოტუფიტების წყების სიმძლავრე ცვალებადობს 120მ-დან 212მ-მდე, შრეობრივი ტუფების ქვეწყების – 150მ-დან 260მ-მდე, მასიური ტუფების ქვეწყების – 190მ-დან 270მ-მდე, პარატუფიტების წყების – 40მ-დან 90მ-მდე. რაიმე კანონზომიერება სიმძლავრეების განაწილებაში არ შეინიშნება; გამოწვეულია ორთოტუფიტების წყება, რომლის სიმძლავრე თითქოს არათანაბრად მატულობს სტრუქტურის აღმოსავლეთი ნაწილისკენ.

ორთოტუფიტების წყება ძირითადად აგებულია შრეობრივი, დაციტური და ანდეზიტურ-დაციტური, პსევიტურ-ჰსამიტური და ალევრო-პელიტური, კრისტალო-ვიტრო-ლითოკლასტური ტუფებით, ტუფკირქვებით, ტუფქვიშაქვებით, ტუფარგილიტებით, ტუფალევროლითებით. №4 ჭაბურღილის ჭრილში, 2384-2386მ ინტერვალში გამოიყოფა ანდეზიტური ლავის განფენი [17]. №№96, 97, 98, 100 ჭაბურღილების სერიული შლამების ანალიზის მიხედვით, ორთოტუფიტების წყებაში ტუფების შემცველობა ჭრილის მოცულობის 75-80%-ია, ტუფარგილიტების – 5-20%, ტუფქვიშაქვების – 4-5%, ტუფკირქვების – 2%, ტუფალევროლითების – 0.5%. ამ ქანების ხვედრითი ელექტროწინალობა მერყეობს 5-30 ომმ-დან 75-300 ომმ-მდე. წყებისთვის, საზოგადოდ, დამახასიათებელია ქანების შემადგენელი ნატეხების ზომების გაზრდა საგებიდან სახურავისკენ და თიხური კომპონენტების მატება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

ტუფების წყება წარმოდგენილია, მეტწილად, დაციტური და ანდეზიტურ-დაციტური, იშვიათად ანდეზიტური და ანდეზიტურ-ბაზალტური, ალევრო-პელიტური და ჰსამიტური, ვიტრო-კრისტალო-ლითოკლასტური, მასიური და შრეობრივი ტუფებით (90-95%), რომელთა შორის არის ტუფკირქვების, ტუფალევროლითების, ტუფარგილიტების, ტუფთიხების და ტუფქვიშაქვების იშვიათი შუაშრეები. აღსანიშნავია, რომ №98 ჭაბურღილის მასიური ტუფების ქვეწყების ზედა ნაწილში ტუფების დაახლოებით 60% ვიტროფირული სტრუქტურისაა. წყების ამგებელი ქანების ხვედრითი ელექტროწინალობა, საშუალოდ, 300-400ომმ-ია, იშვიათად 900-1200ომმ-საც აღწევს.

პარატუფიტების წყება აგებულია, ძირითადად, თხელ- და საშუალომრეობრივი, კრისტალო-ვიტროკლასტური ტუფების (65-67%), ტუფალევროლითების (15-17%), ტუფარგილიტების (6-8%), ტუფკირქვების (5-7%) და ტუფთიხების (3-4%) არათანაბარი მორიგეობით (№№4 და 100 ჭაბურღილების კერნების და შლამების ანალიზის მიხედვით). ამ ქანების ხვედრითი ელექტროწინალობის მაჩვენებლები წყების სახურავიდან საგებისკენ მცირდება, საშუალოდ, 90ომმ-დან 40ომმ-მდე.

შუა ეოცენის ეს ჭრელი შედგენილობის ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსი სხვადასხვა ინტენსიურობით არის გარდაქმნილი და სახეცვლილი მეორეული პროცესებით – გაცეოლითებული, გაქლორიტებული, გათიხებული, გაპირიტებული და გაკარბონატებულია (გეოლოგიურ ჭრილში და ფართობზე), რაც, სხვა თავისებურებებთან ერთად, განაპირობებს მთელი მასივის ძალზე ცვალებად და ანიზოტროპულ ბუნებას.

აღწერილი ლითოსტრატოგრაფიული დანაყოფების ანალოგები გამოიყოფა მანავის, სამგორ-პატარძელის, თელეთის და რუსთავის შუაეოცენურ ვულკანოგენურ-დანალექ წარმონაქმნებში. ამასთან, ორთოტუფიტების წყება უნდა შეესაბამებოდეს თბილისის მიდამოების ტუფბრეჭიების (ოლისტოლითების) წყებას, ხოლო ტუფების და პარატუფიტების წყებები – დაბახანის წყებას.

ნინოწმინდის მოედნის ფარგლებში, ფორამინიფერების საკმაოდ მდიდარი კომპლექსის საფუძველზე, დგინდება შუა ეოცენის მხოლოდ ქვედა ზონის – *Acarinina bullbrooki*-ს არსებობა [15].

ზემოთ აღნიშნულ ლითოსტრატოგრაფიულ ერთეულებს შორის რაიონის ტერიტორიაზე ყველაზე პროდუქტიულია ტუფების წყების ზედა, მრეობრივი ტუფების ქვეწყება.

ქვედა ეოცენი (P₂¹) გახსნილია მხოლოდ ორ, №№4 და 100 ჭაბურღილში, ამ უკანასკნელში – მთელ სიმძლავრეზე; თანხმობით უნდა აგრძელებდეს პალეოცენს და, სავარაუდოდ, ამგვარადვე იფარებოდეს შუა ეოცენით. მისი მოჩვენებითი სიმძლავრე №100 ჭაბურღილში გაზრდილია და ბურღვით შეადგენს 1280მ-ს. აღნიშნული ჭაბურღილის ლულა, შუა ეოცენის ქვედა ნაწილიდან, როგორც ჩანს, შევიდა ნინოწმინდის ანტიკლინის ციცაბოდ დაქანებულ სამხრულ ფრთაში. ამის გამო მკვეთრად გაიზარდა შრეთა მოჩვენებითი სიმძლავრეები (1.6-1.8-ჯერ მაინც). ჩვენი გამოთვლებით, ჭეშმარიტი სიმძლავრეები უნდა იყოს: შუა ეოცენის – 500-520მ, ქვედა ეოცენის – 710-730მ, პალეოცენის – 230-250მ (არასრული). ქვედა ეოცენის გეოლოგიური ჭრილი წარმოდგენილია, ძირითადად, ალევროლითების (35-37%), არგილიტების (26-28%) და თიხების (23-25%) მონოტონური მორიგეობით, რომელთა შორის შეინიშნება ქვიშაქვების (5-7%) და მერგელების (2-3%) შუაშრეები. შლამების ფრაქციული ანალიზის მიხედვით ჭრილის ზედა ნაწილში ჭარბობს ალევროთული ქანები, შუა და ქვედა ნაწილებში – თიხური (პელიტური). სულ ზედა ნაწილში შეინიშნება ტუფების, ტუფარგილიტების, ტუფკირქვების და ტუფთიხების იშვიათი შუაშრეები. №4 ჭაბურღილში ქვედა ეოცენის არასრული სიმძლავრე 630მ-ია (ბურღვით). ჭრილის ზედა ნაწილში, ზემოაღნიშნულის გარდა, ლ. თათარიშვილის და სხვათა მონაცემებით [15], გავრცელებულია

აგრეთვე არგილიტისმაგვარი თიხები და ალევრითული კირქვები. ალევროლითები ნაცრისფერია, მეტწილად საშუალო სიმტკიცისაა, კარბონატული და სუსტად კარბონატულია, თიხიანია, კვარც-მინდვრისშპატ-ქარსიანია, ცემენტი ფოროვანი და ბაზალური, თიხურ-კარბონატული. თიხები ნაცრისფერი, ზოგჯერ მოყავისფრო-ლაქებრივი, პლასტიკურია, მეტწილად გაჯირჯვების უნარის მქონეა (sic!), კარბონატულია, ალევრითულია; ჩანართების სახით შეინიშნება მცენარეული დეტრიტუსი და პირიტის მტვრისებრი მარცვლები. აღწერილი ქანები შეიცავს ფორამინიფერების (თ. ქუთათელაძე, ნ. შათირიშვილი) და ნანოპლანქტონის (თ. ღავთაძე, ტ. უონდერსი, ჯ. ათერსაჩი) საკმაოდ მდიდარ კომპლექსებს, რაც მათ ადრეოცენურად ათარიღებს [10].

მსგავსი ფაციესებით არის წარმოდგენილი ქვედა ეოცენი მეზობლად მდებარე (აღმოსავლეთით) მანავის მოედანზე [18] იმ განსხვავებით, რომ ნინოფინდის ფართობზე აღნიშნული სტრატონი ნაკლებად ქვიშიანია და შედარებით მძლავრია.

პალეოცენი (P₁) გახსნილია მხოლოდ №100 ჭაბურღილში, თანაც, არასრული სიმძლავრით, 4480–4927მ ინტერვალში. ზემოაღნიშნულის გამო, მისი ქვემართი სიმძლავრე 230–250მ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. შლამების მიკროსკოპული შესწავლის შედეგების მიხედვით, პალეოცენის გეოლოგიური ჭრილი აგებულია არგილიტების (41%), ქვიშაქვების (26%) და თიხების (17%) არათანაბარი მორიგეობით, რომელთა შორის ალევროლითების (10%), მერგელების (5%) და კირქვების (1%) იშვიათი შუაშრები შეინიშნება. საზოგადოდ, ზედა ნაწილში პელიტური ქანებია გაბატონებული, ქვედაში კი ქვიშიან-ალევრითული დომინირებს. გეოლოგიური ჭრილი პალეონტოლოგიურად დათარიღებული და ბიოსტრატოგრაფიულად

დანაწილებულია მიკროფაუნის და ნანოპლანქტონის შესწავლის საფუძველზე (თ. ქუთათელაძე, ნ. შათირიშვილი, თ. ღავთაძე, ტ. უონდერსი, ჯ. ათერსაჩი).

ქვიშაქვები ღია ნაცრისფერი, იშვიათად მონაცრისფრო-მოყავისფრო და მომწვანო შეფერილობისაა, კარბონატული და სუსტად კარბონატულია, კვარც-მინდვრისშპატიანია, მტკიცე და საშუალო სიმტკიცისაა, ჭრილის ქვედა და შუა ნაწილებში არათანაბარმარცვლოვანია (ზოგიერთი მარცვლის ზომა 3-4 მმ-ია), ზედა ნაწილში დახარისხებულია, წვრილ- და საშუალომარცვლოვანია; შეინიშნება ქარსების ქერცლები და ეფუზიური ქანების ნატეხები; ცემენტი, მეტწილად, ფოროვანი და ფოროვან-კონტაქტურია, იშვიათად ფოროვან-ბაზალური და ბაზალური. არგილიტები ნაცრისფერი და მოყავისფრო-მონაცრისფროა, იშვიათად ნაცრისფერ-მომწვანო, არაკარბონატული და კარბონატული, ალევრითულია. თიხები გავრცელებულია, ძირითადად, ჭრილის ზედა ნაწილში; ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერი და მონაცრისფრო-მოყავისფროა, პლასტიკურია, მეტწილად გაჯირჯვების უნარის მქონეა (sic!), კარბონატული და ალევრითულია.

მეზობლად მდებარე მანავის მოედანზე, პალეოცენი, ბურღვის მონაცემებით, რთულ ტექტონიკურ პირობებში იმყოფება და ფაციესურად მნიშვნელოვნად განსხვავდება ზემოთ აღწერილისგან. კერძოდ, №11 და №12 ჭაბურღილების პალეოცენის გეოლოგიური ჭრილები აგებულია მცირე სიმძლავრის (20-50მ) მოყავისფრო-მოშინდისფრო და ნაცრისფერი დისლოცირებული თიხებით და არგილიტებით, ხოლო №7 ჭაბურღილში, სავარაუდოდ, 223მ საერთო სიმძლავრის თიხიან-ქვიშიანი და კარბონატული ქანებით [18].

ზედა ცარცი (K₂), თუმცა არც ერთ ჭაბურღილს არ

გაუხსნია, მისი არსებობა ჭრილში ივარაუდება მეზობელი ტერიტორიების გეოლოგიური აგებულების და საკუთრივ ნინოწმინდის ფართობზე ჩატარებული სეისმური გამოკვლევების საფუძველზე. კერძოდ, მანავის ფართობზე, ბურღვით გახსნილი ზედაცარცული სექციის არასრული (მაქსიმალური) სიმძლავრე 308მ-ია (№12 ჭაბ.). გეოლოგიური ჭრილის ზედა ნაწილი, რომელიც სტრატოგრაფიულად კამპანურ-მასტრიხტულს შეესაბამება, აგებულია, ძირითადად, კირქვებით და მერგელებით, ხოლო ქვედა (კონიაკურ-სანტონური), მეტწილად, ანდეზიტურ-დაციტური ტუფებით [18]. მსგავსი ლითოვაციესებით უნდა იყოს წარმოდგენილი ზედაცარცი ნინოწმინდის მოედანზედაც.

დასკვნა

ნინოწმინდის მრავალსართულიანი ნავთობგაზიანი საბადო აღმოჩენილია 1979 წელს. მიუხედავად იმისა, რომ აქ დღემდე ჩატარებულია დიდი მოცულობის გეოლოგიური, ბურღვითი, გეოფიზიკური, გეოქიმიური ხასიათის სამუშაოები და გამოკვლევები, ბევრი საკითხი ჯერ კიდევ გადასაწყვეტია ან სათანადოდ არ არის შესწავლილი. ეს გარემოება ნაწილობრივ განპირობებულია საბადოს რთული აგებულებით, გეოლოგიური ჭრილის არაერთგვაროვნებით და კატაკლიზმებით დატვირთული ისტორიით. რაც მთავარია, საბადო (ისევე როგორც საქართველოში ცნობილი სხვა ნავთობის საბადოები), კომპლექსურად არ არის გამოკვლეული და, ცხადია, არც შესაბამისი შემაჯამებელი პუბლიკაცია არსებობს. არსებული პრობლემების მცირე ნაწილი წინამდებარე ნაშრომშია განხილული, დანარჩენი კი, ჯერჯერობით, დიად რჩება.

ნინოწმინდის მოედნის ბურღვით შესწავლილი, დაახლოებით 5კმ-მდე სიმძლავრის დანალექი საფარი, სტრუქტურული და ფაციესური თავისებურებების მიხედვით, ორ ნაწილად (სტრუქტურულ სართულად) იყოფა. ზედა, ალოქთონი, წარმოდგენილია, მეტწილად, მაიკოპურ-პლიოცენური განმარლიანებული და მტკნარი წყლის მოლასური წარმონაქმნებით, ხოლო ქვედა, ავტოქთონი, პალეოცენური ასაკის ზღვიური ვულკანოცენურ-დანალექი და ნორმული ტერიგენული ქანებით. პირველ მათგანში განვითარებულია საერთო კავკასიონური მიმართების ნაოჭები, ხოლო მეორეში – თრიალეთური (სუბგანედური) ნინოწმინდის დამარხული ბრაქიმორფული ანტიკლინი. ნალექების თავდაპირველი (ნორმალურ-სედიმენტაციური) განლაგების და მათი სიმძლავრეების განაწილების საერთო სურათი ხშირად დარღვეულია ტექტონიკური რღვევებით. მისი რეკონსტრუქციის და საერთო კონსოლიდირების დადგენის მიზნით, ადრე არსებული მასალების ანალიზის გარდა, ძირითადად ვეერდნობოდით შპს “GBOC” და “CanArgo”-ს (ამჟამად შპს “KBOC”) ნავთობკომპანიების მიერ უკანასკნელ პერიოდში გაბურღული ჭაბურღილების სერიული შლამების ათასობით ნიმუშის მიკროსკოპული შესწავლის შედეგებს. ჩვენი შემუშავებული კრიტერიუმებისა და პრინციპების საფუძველზე ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილებში გამოიყო და დაზუსტდა პალეოცენის, ქვედა, შუა, ზედა ეოცენის, მაიკოპის და მიოცენის შესატყვისი ლითოსტრატოგრაფიული ერთეულები, მათი საზღვრები, ლითოლოგია, სიმძლავრეები და განაწილება ჭრილსა და ფართობზე (მონაცემები ასახულია №3 ნახაზზე და I ტაბულაში).

ნინოწმინდის მოედანზე, გეოლოგიურ წარსულში, პალეოცენიდან დაწყებული, გვიანი მიოცენით დამთავრებული, როგორც ჩანს, თითქმის უწყვეტი სედიმენტაციური პროცესი მიმდინარეობდა. ალოქთონის მოლასურ წარმონაქმნებში, მაიკოპურ-ზედამიოცენურ აღმავალ ჭრილში, შეინიშნება ქანების შემადგენელი მასალის სიმსხოს გაზრდა პელიტურ-ალევიტულიდან პსამიტურ-პსეფიტურამდე. მეოქტურ-პონტური ძირითადად კონგლომერატებით არის აგებული. ზედა სარმატი, ლითოლოგიური ნიშნით, შეიძლება ორ, თითქმის თანაბარ ნაწილად დაიყოს: ზედა, კონგლომერატული და ქვედა, თიხიან-ქვიშაქვიანი. შუა სარმატი აგებულია, ძირითადად, თიხებით, ქვიშაქვებით, ალევროლითებით, პირველის პრიმატით. უმეტეს ჭაბურღილში, ტექტონიკური რღვევის (შეცოცების) გამო, გეოლოგიური ჭრილიდან “ამოვარდნილია” შუა სარმატის ქვედა ინტერვალები, ქვედა სარმატი, შუა და ქვედა მიოცენი, ოლიგოცენის ზედა ნაწილი. აღნიშნული სტრატონების უმეტესობა შეიძლება პირობითად გამოიყოს პალდოს სინკლინის ჩრდილო-აღმოსავლურ და სამხრულ-დასავლურ ფრთებში გაბურღილი ჭაბურღილების ჭრილებში. წარმოდგენილია, ძირითადად, თიხიან-ქვიშაქვიანი დასტებით. ამასთან, ნავთობპროდუქტიულობის თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია ქვედა მიოცენი, უპირველეს ყოვლისა, ჩვენ მიერ მრავალ ჭრილში გამოყოფილი, საყარაულოს შესატყვისი ქვიშაქვიანი-თიხიანი ქანები.

ავტოქთონი მეტწილად აგებულია ზღვიური, ნორმული ტერიგენული და ვულკანოგენურ-დანალექი წყებებით. მათ შორის ოლიგოცენი წარმოდგენილია არაკარბონატული თიხებით, არგილიტი-

სებრი თიხებით, ქვიშაქვებით და ალევროლითებით, ძალზე იშვიათად, დოლომიტიზებული კირქვებით. ჩვენი მონაცემებით, ოლიგოცენსა და ზედა ეოცენს შორის საზღვარი, უმეტესწილად, ტექტონიკური ხასიათისაა. შესაბამისად, აღნიშნული სტრატონების სიმძლავრეები ნაკლებია, კერძოდ, ზოგიერთ ჭრილში “მოჭრილია” ოლიგოცენის ქვედა ინტერვალი, ზედა ეოცენის ზედა და შუა ნაწილები. შედარებით სრულ ჭრილებში ზედა ეოცენის ზედა ნაწილში გამოიყოფა თბილისის ნუმულიტებიანი, ხოლო ქვედაში – ნავთლულის წყებები; ამ უკანასკნელის ფუმეში გაიდევნება შედარებით მცირე სიმძლავრის ე.წ. ლიროლეპისიანი ჰორიზონტი. ზედა ეოცენი ძირითადად წარმოდგენილია თიხებით, არგილიტისებრი თიხებით, ქვიშაქვებით, ალევროლითებით, მერგელებით, იშვიათად ტუფ-მერგელებით, ტუფქვიშაქვებით და ტუფკირქვებით. შუა ეოცენი აგებულია 500მ-ზე მეტი სისქის ვულკანოგენურ-დანალექი კომპლექსით – სხვადასხვაგვარი ტუფით, შედარებით იშვიათად ტუფმერგელებით, ტუფარგილიტებით, ტუფქვიშაქვებით, ტუფალევროლითებით. ჩვენი მონაცემებით, იგი, ლითოსტრატიგრაფიულად, შესაძლებელია, სამ ნაწილად დაიყოს: ზედა – ორთოტუფიტების, შუა – ტუფების, ქვედა – პარატუფიტების წყებებად. მათ შორის ყველაზე მძლავრი, მეორე წყება ორად ნაწილდება – ზედა, შრეობრივი და ქვედა – მასიური ტუფების ქვეწყებებად. შუა ეოცენი, სავარაუდოდ, ზედა ცარცთან ერთად, ქმნის სტრუქტურის მტკიცე სკელეტს (ჩონჩხს), ამასთანავე, წარმოადგენს ძირითად ნავთობშემცველ სტრატონს. კოლექტორების უმეტესობა ნინოწმინდის საბადოში შრეობრივი ტუფების ქვეწყებასთან არის დაკავშირებული.

ქვედა ეოცენი წარმოდგენილია, ძირითადად, ალევროლითების, არგილიტების და თიხების მონოტონური მორიგეობით, პალეოცენი (არასრული) – არგილიტებით, ქვიშაქვებით, თიხებით, იშვიათად ალევროლითებით და მერგელებით. სეისმური პროფილების და მეზობლად მდებარე მანავის მოედნის

ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულების მონაცემების საფუძველზე ნინოწმინდის ზედა ცარცის ჭრის ზედა ნაწილში განვითარებული უნდა იყოს კარბონატული, ხოლო ქვედაში – ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნები.

ლიტერატურა

1. Vakhania E., Papava D. Fountain of life. Oil and gas production of Georgia in brief. Tbilisi: "Samshoblo". 1996, 150 p. (in Georgian).
2. Gochitashvili T., Ghudushauri S. Oil and gas bearing potential and trunk pipelines of Georgia. Georgian oil and gas corporation. Tbilisi. 2019, 262 p. (in Georgian).
3. Tavdumadze I., Sharikadze M., Suramelashvili Z., Paataashvili R. Geological structure and history of development of Ninotsminda Upper Eocene oil deposit. Mining journal. N1(40). 2018, 14-19 pp. (in Georgian).
4. Tavdumadze I., Sharikadze M., Paataashvili R., Suramelashvili Z. Peculiarities of fractured-cavernous reservoir development on the example of Samgori-Patardzeuli-Ninotsminda and Grozny oilfields. Mining journal. N2 (41). 2018, 50-55 pp. (in Georgian).
5. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paataashvili R., Suramelashvili Z. Certain geological and commercial-geophysical data interpretation aspects in the well drilling process. Mining journal. N1(36). 2016, 14-19 pp. (in Georgian).
6. Chubinishvili K. Tatarishvili L. Pressure dimples in Sagarejo region Lower Pliocene conglomerates (south slope of Kakheti Range). VNIGNI complex laboratory research. Publ. LXI. Leningrad: "NEDRA". 1967, 124-127 pp. (in Russian).
7. Sharikadze M., Tavdumadze I., Geological report of Ninotsminda well N96. "Kura basin operating company" archives. Tbilisi. 1996, 40 p. (in Georgian).
8. Sharikadze M., Tavdumadze I., Geological report of Ninotsminda well N98. "Kura Basin Operating Company" archives. Tbilisi. 1998, 46 p. (in Georgian).
9. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paataashvili R. Geological report of Ninotsminda well N97. "Kura Basin Operating Company" archives. Tbilisi. 2001, 36 p. (in Georgian).
10. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paataashvili R. Geological report of Ninotsminda well N100. "Kura Basin Operating Company" archives. Tbilisi. 2002, 55 p. (in Georgian).
11. Buleishvili D. East Georgia intermountain basin geology and oil-gas bearing. VNIGNI. Leningrad: "Gostoptekkhizdat". 1960, 238 p. (in Russia).
12. Papava D. Geological structure and oil-gas-bearing of Kura middle flow. "Gruzneft" funds. Tbilisi. 1976, 231 p. (in Russian).
13. Papava D., Gvenetadze V., Geological structure of Martkopi-Satskhenisi-Patardzeuli oil-bearing formation. Georgian oil and gas corporation funds. Tbilisi. 1959. (in Russian).
14. Gogishvili T., Mamaladze E. Exploitation and invasion of volumetrical models of changes in clayey minerals in Cainozoic formations of East Georgia exploitation field. Report on object 011. Georgian oil and gas corporation funds. Tbilisi. 1988. (in Russian).
15. Tatarashvili L. et al. Analysis and systematization of lithological and paleontological research data of Samgori-Patardzeuli-Ninotsminda oil field drilling material. Georgian oil and gas corporation funds. Tbilisi. 1988, 188 p. (in Georgian).

16. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paataashvili R. Well N78^a drilling geological report. “Kura Basin Operating Company” archives. Tbilisi-Ninotsminda. 2002, 21 p. (in Georgian).
17. Vendelshtein B., Kosterina V., Belyakov M., Tsareva N. Summary of geological-geophysical data on volcanic-sedimentary reservoirs. Gubkin Russian State University of Oil and Gas. Georgian oil and gas corporation funds. Tbilisi. 1996. (in Russian).
18. Sharikadze M., Tavdumadze I., Suramelashvili Z., Paataashvili R. Geological construct of Manavi field. Mining Journal. N2 (41). 2018, 5-13 pp. (in Georgian).

UDC 553.558

SCOPUS CODE 1913

Lithostratigraphy of Ninotsminda oil and gas field based on deep drilling data

Mevlud Sharikadze	Department of Applied Geology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: mevshar@mail.ru
Irakli Tavdumadze	LLC „Kura Basin Operating Company (KBOC)”, 70 M. Kostava str., 0171 Tbilisi, Georgia E-mail: irakli.tavdumadze@kboc.ge
Zurab Suramelashvili	LLC „Kura Basin Operating Company (KBOC)”, 70 M. Kostava str., 0171 Tbilisi, Georgia E-mail: zurab.suramelashvili@kboc.ge

Reviewers:

T. Lominadze, Professor Emeritus, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

N. Jikia, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: niazi@inbox.ru

Abstract. There are two structural stages in Ninotsminda sedimentary cover: lower one, autochton formed with Paleogene marine-terrigenous and volcanic-sedimentary (turbidite) beds and upper one, presented by allochton with north-east Neogene mollases. Meotic-Pontic is mainly composed of conglomerates. By lithostratigraphic features Upper Sarmat is divided into two parts: upper one - conglomerates and lower - clayey sandstone suits. Middle Sarmat is composed of clays, sandstones, siltstones and first primates. Due to regional tectonic (thrust) fault, lower intervals of Middle Sarmat, Lower Sarmat, Middle and Lower Miocene, upper part of Oligocene are "cut out" of geological sections of most wells. Besides Lower Miocene oil-bearing clayey-sandstone formations are observed in some sections together with terrigenous formations of above mentioned strations (analogy of Sakharaulo and Kotsakhuri stages). According to our data, boundary between Oligocene composed of clayey-sandstone layers and Upper Eocene is tectonic as well. Mainly, this is the reason why lower horizons of Oligocene and upper and sometimes middle parts of

Upper Eocene are "cut out" from geological sections. Tbilisi nummulitic and Navtlughi suites are identified in comparatively complete sections of Upper Eocene (from top to the bottom). In lower part of the latter - Lyrolepis horizon is observed. Thick oil-gas bearing volcanic-sedimentary complex of Middle Eocene is divided into three parts (from top to bottom): orthotuffite, tuff and paratuffite suits. Middle section between them - into layered tuffs and sub-suits of massive tuffs. Lower Eocene and Paleocene are composed of thick terrigenous layers. Stratigraphically Upper Cretaceous carbonaceous (upper part of the section) and volcanic-sedimentary (lower part) formations are considered to be developed deeper. Initial (sedimentary) distribution of above mentioned strata supposedly was in conformity, which later was disrupted due to numerous fault dislocations.

Key words: Clay; conglomerates; fold; geological section; lithology; sandstones; sediments; siltstones; stratum; suit; tectonic fault; tuffs; well.

UDC 553.558

SCOPUS CODE 1913

Литостратиграфия Ниоцминдского нефтегазового месторождения по данным глубокого бурения

- Мевлуд Шарикадзе** Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: mevshar@mail.ru
- Ираклий Тавдумадзе** ООО „Kura Basin Operating Company“, Грузия, 0171, Тбилиси, ул. М. Костава 70
E-mail: irakli.tavdumadze@kbc.ge
- Зураб Сурамелашвили** ООО «Kura Basin Operating Company», Грузия, 0171, Тбилиси, ул. М. Костава 70
E-mail: zurab.suramelashvili@kbc.ge

Рецензенты:

Т. Ломинадзе, почётный профессор горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

Н. Джикия, профессор горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: niazi@inbox.ru

Аннотация. В осадочном покрове Ниоцминдской площади выделяются два структурных этажа. Нижний, автохтон, сложен морскими терригенными и вулканогенно-осадочными турбидитными толщами палеогена, а верхний, аллохтон-надвинутыми на него с северо-востока молассами неогена. Меотис-понт представлен, в основном, конгломератами. Верхний сармат по литологическим особенностям делится на две «свиты»-верхняя, конгломератовая и нижняя, песчано-глинистая. Средний сармат сложен глинами, песчаниками и алевролитами. В большинстве скважинах, вследствие тектонического разрыва (надвига), из разреза выпадают

нижние интервалы среднего сармата, нижний сармат, средний-нижний миоцен и верхняя часть олигоцена. Вместе с тем, совместно с фрагментами терригенных толщ упомянутых стратон, в некоторых разрезах выделяются песчано-глинистые нефтеносные отложения нижнего миоцена (аналоги сакараульского и коцахурского ярусов). Граница между глинисто-песчанистыми образованиями олигоцена и верхнего эоцена, по нашим данным, также тектонического характера. В результате из геологического разреза выпадают нижние горизонты олигоцена и верхняя, иногда и средняя часть верхнего эоцена. В относительно полных разрезах верхнего эоцена выделяются (сверху вниз) тбилисская нуммулитовая и навтлугская свиты; в нижней части прослеживается лиролеписовый горизонт. Нефтегазоносные вулканогенно-осадочные образования среднего эоцена делятся на три «свиты» (сверху вниз): 1) ортотуффовая, 2) туффовая, делящаяся со своей стороны на слоистые и массивные туффовые «подсвиты» и 3) паратуффовая. Нижний эоцен и палеоцен сложены мощными терригенными отложениями. Стратиграфически ниже должны быть развиты верхнемеловые карбонатные (в верхней части разреза) и вулканогенно-осадочные образования (в нижней части). Первоначальное (седиментационное) расположение установленных стратон, по всей вероятности, было согласное, что позже нарушилось вследствие многочисленных тектонических разрывов.

Ключевые слова: алевролит; геологический разрез; глина; конгломерат; литология; отложение; песчаник; свита; скважина; складка; стратон; тектонический разрыв; туфф.

განხილვის თარიღი 12.12.2019

შემოსვლის თარიღი 16.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 621.397.2

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-77-85>

ბუნებრივი გაზის როლი საქართველოს ენერგომომარაგებაში

გოდერძი კიკნაველიძე	ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: g.kiknavelidze@gtu.ge
ხათუნა ჩომახიძე	ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: k.chomakidze@gtu.ge
ნინო თითმერია	ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტის დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: n.titmeria@gtu.ge

რეცენზენტები:

გ. ამცოლაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: g2008@boom.ge

ო. კიღურაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kiguradzeomar@gmail.com

ანოტაცია. მეოცე საუკუნეში ეკონომიკის განვითარების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კანონზომიერება იყო ენერჯის წარმოებისა და მოხმარების განუწყვეტელი და სწრაფი ზრდა. ეს ტენდენცია გრძელდება მიმდინარე საუკუნეში და ექსპერტთა დასკვნით კიდევ დიდხანს იქნება შენარჩუნებული. პირველ რიგში, ეს ეხება ორგანული წარმოშობის არაგანახლებად, ტრადიციულ ენერგორესურსებს – ნახშირს, ნავთობს და გაზს.

ჩვენი ქვეყანა თითქმის მთლიანად იმპორტირებულ გაზს მოიხმარს. მიუხედავად ამისა, ენერგეტიკულ ბალანსში მას სხვა ენერგომატარებელთა შორის

წლების განმავლობაში პირველი ადგილი უჭირავს და ზრდის ტენდენციით ხასიათდება. ამ მხრივ მდგომარეობა შესწავლილია ბოლო ხუთწლიან (2013-2017წწ.) პერიოდში. განვილი პერიოდში, მსოფლიოში მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა ბუნებრივი გაზის მოპოვებისა და ტრანსპორტირების ტექნიკური მხარე – ჭაბურღილების 200-300მმ და მეტი დიამეტრის საექსპლუატაციო სვეტებით, რომელიც გაზის მრეწველობის მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ქვედანაყოფია. გაზის დიდ მანძილზე გადაზიდვა ანუ ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირება ძირითადად ხორციელდება გაზსადენებით.

ამჟამად ბუნებრივი გაზის ძირითადი საბადოები თითქმის ყველა კონტინენტზეა. მათ შორის აღსანიშნავია ახლო და შუა აღმოსავლეთის ქვეყნები: ქუვეითი, ერაყი, ირანი, ასევე რუსეთი, რუმინეთი და სხვა. მნიშვნელოვანია ის გარემოებაც, რომ ბოლო წლებში სწრაფ განვითარებას მიაღწია გაზის გამოყენებამ საქართველოში და წლიურმა მოხმარებამ 5-6 მილიარდი კუბური მეტრი შეადგინა.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი გაზი; ელექტროენერჯია; ენერგეტიკული ბალანსი; ენერგომომარაგება; ნავთობპროდუქტები.

შესავალი

ენერჯიაშემცველებს შორის გაზი სათბობის ყველაზე პროგრესულ სახედაა მიჩნეული. იგი გამოირჩევა მაღალი თბოუნარიანობით და ამ მაჩვენებლით საშუალოდ ნახშირს დაახლოებით 2-ჯერ, ხოლო შემას 3,5-ჯერ აღემატება. ამასთანავე იგი შესანიშნავი ქიმიური ნედლეულიცაა. ფართოდ გამოიყენება საწვავად ყოფა-ცხოვრებაში, ტექნოლოგიური მიზნებისათვის და ძრავებში. საბრძოლველ წარმოებაში კოქსის შეცვლა გაზით უზარმაზარ ეკონომიას იძლევა.

გაზის მრეწველობას საფუძველი ჩაეყარა მე-18 მე-19 საუკუნეების მიჯნაზე. კერძოდ, ამ პერიოდში დაიწყო ქვანახშირისაგან მიღებული გაზის გამოყენება ევროპის დიდი ქალაქების ქუჩების გასანათებლად.

ბუნებრივი გაზის მრეწველობას უფრო მოგვიანებით ჩაეყარა საფუძველი. ამის მიზეზი გახდა ის გარემოება, რომ ხელოვნური გაზის წარმოება შეზღუდული იყო მყარი სათბობისაგან (ნახშირი, საწვავი

ფიქლები) გაზის მიღების დაბალი ეკონომიკური ეფექტიანობის გამო.

საერთოდ, გაზის მრეწველობა არის ენერგეტიკის დარგი, რომელიც აერთიანებს ბუნებრივი გაზის საბადოების დაზღვევისა და ექსპლუატაციის, გაზსადენებით საბადოებიდან მოშორებით მდებარე რაიონების გაზმომარაგების, ნახშირისა და საწვავი ფიქლებისაგან ხელოვნური გაზის წარმოების, გაზის გადამუშავების და ეკონომიკასა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობაში მისი გამოყენების სამუშაოებს.

ძირითადი ნაწილი

განვილი პერიოდში მსოფლიოში მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა ბუნებრივი გაზის მოპოვების ტექნიკური და ტექნოლოგიური მხარე, შემუშავებულია მაღალდებიტური ჭაბურღილების კონსტრუქციები 200-300 და მეტი მილიმეტრის დიამეტრის საექსპლუატაციო სვეტებით. გაზის მრეწველობის უმნიშვნელოვანესი დარგია გაზის შორეულ მანძილზე გადაზიდვა, რომელიც ძირითადად მაგისტრალური გაზსადენით ხორციელდება.

ორიოდე სიტყვა გაზის მარაგების შესახებ: ამჟამად ბუნებრივი გაზის ძირითადი საბადოები მსოფლიოს თითქმის ყველა კონტინენტზეა განლაგებული. მათ შორის აღსანიშნავია: ახლო და შუა აღმოსავლეთი (ირანი, ერაყი, ქუვეითი, ომანი, კატარის რესპუბლიკა, არაბეთის სამეფო), აფრიკა (ალჟირი ანგოლა, ეგვიპტე, ლიბია, ნიგერია), სამხრეთი და ცენტრალური ამერიკა (არგენტინა, ბოლივია, ბრაზილია, კოლუმბია, ეკვადორი, ვენესუელა), ჩრდილოეთი ამერიკა (კანადა, მექსიკა, აშშ), დასავლეთი ევროპა (ავსტრია, დანია, საფრანგეთი, გერმანია, იტალია, ნიდერლანდები, ნორვეგია, დიდი ბრიტანეთი), აღმოსავლეთი

და ცენტრალური ევროპა (რუსეთი, პოლონეთი, რუმინეთი და სხვ.), შორეული აღმოსავლეთი (ჩინეთი, ინდოეთი, ინდონეზია, პაკისტანი და სხვ.), ავსტრალია და ოკეანეთი (ავსტრალია, ახალი ზელანდია, ახალი გვინეა).

საქართველოში გაზიფიკაციის სამუშაოები ოფიციალურად 1958 წლიდან დაიწყო, ხოლო თბილისმა ბუნებრივი გაზი 1959 წლის ბოლოს მიიღო. ყოფილ საბჭოთა კავშირში საქართველო გაზიფიკაციის დონით ერთ-ერთ მოწინავე რესპუბლიკად ითვლებოდა. ბუნებრივი გაზის მოხმარებამ საქართველოში თავის მაქსიმუმს 1989 წელს მიაღწია და შეადგინა 6046 მლნ. კუბური მეტრი. დამოუკიდებლობის პირველ წლებში გაზომარაგებამ 800-900 მლნ. კუბ. მეტრი შეადგინა.

გაზომარაგების მნიშვნელობა ქვეყნის ეკონომიკისათვის განუზომლად დიდია. მისი როლი განსაკუთრებულია სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო სექტორში. ბუნებრივი გაზის მნიშვნელოვან ნაწილს იყენებს ქიმიური მრეწველობა, მეტალურგია, ენერგეტიკა, მანქანათმშენებლობა, სამშენებლო ინდუსტრია და სხვა დარგები. საქართველოს პირობებში ბუნებრივი გაზი, პირველ რიგში, წარმოადგენს ენერგეტიკულ რესურსს და ქიმიურ ნედლეულს. მას საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ ბალანსში ტრადიციულად მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს. მაგალითად, 1990 წელს მასზე მოდიოდა საქვაბე-სალუმლე სათბობის საერთო მოხმარების ნახევარზე მეტი (50,7 %), 2000 წელს კი ენერგეტიკულ ბალანსში მისი წილი 35 %-ს აჭარბებდა. ამ წელს ენერგეტიკამ მოიხმარა 370 მლნ. კუბ. მეტრი, ხოლო ქიმიურმა მრეწველობამ - 248 მლნ. კუბ. მეტრზე მეტი გაზი. მოხმარების ეს დონე კი მნიშვნელოვნად აღემატებოდა თბილისში

დახარჯული გაზის ოდენობას - შესაბამისად 3,4-ჯერ და 2,3 - ჯერ. ბუნებრივი გაზის გამოყენება მიზანშეწონილია ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც.

ბუნებრივი გაზის გამოყენება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის ასუფთავებს გარესამყაროს და აუმჯობესებს შრომისა და საყოფაცხოვრებო პირობებს.

ბუნების დაცვის თვალსაზრისით ბუნებრივი გაზის გამოყენებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს საქართველოს რეგიონებისთვის. ცნობილია, რომ განსაკუთრებით შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში ადგილი აქვს გათბობის მიზნით ელექტროენერჯისა და შეშის მასობრივ გამოყენებას.

ცხადია, საქართველოს რეგიონებში შეშის დასამზადებლად ტყის უსისტემო ჭრას მიმღე ეკოლოგიური შედეგები მოსდევს. საგულისხმოა ისიც, რომ ელექტროენერჯით ისეთ დეფიციტურ ქვეყანაში, როგორც საქართველოა, გათბობისათვის და საკვების დასამზადებლად ელექტროენერჯის გამოყენება ეკონომიკურად მიზანშეწონილია. ამ მიზნით ელექტროენერჯის მასობრივ გამოყენებას თან სდევს დიდი დანაკარგები - ზამთრის თვეებში მაშინ, როცა ზაფხულში იგი გაცილებით ნაკლებია.

სამრეწველო ობიექტების მაზუთიდან ბუნებრივ გაზზე გადაყვანით მკვეთრად უმჯობესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა. მაღალმთიან რაიონებში კი, სადაც ტრასის სირთულისა და სხვა ობიექტური მიზეზების გამო, მიზანშეწონილი არ არის ბუნებრივი გაზის მიწოდება, დიდ ეფექტს იძლევა მოსახლეობის თხევადი გაზით მომარაგება. საწვავის ეკონომიკური და ეფექტიანი გამოყენებისათვის მნიშვნელოვანია რეგიონების უზრუნველყოფა შესაბამისი გამთბობი

ხელსაწყოებით. ზემოთ ნათქვამი კიდევ ერთხელ უსვამს ხაზს მოსახლეობისათვის და მთლიანად ეკონომიკისათვის გაზიფიკაციის მნიშვნელობას.

საქართველოს ბუნებრივი გაზი 2017 წელს მიეწოდა 2343,9 მლნ.კუბ. მეტრის ოდენობით. აქედან 22 % მოდიოდა ენერგეტიკაზე და 10,5 % კი - ქიმიურ მრეწველობაზე; ე.ი. 32,7 % მოიხმარა ისეთმა მნიშვნელოვანმა დარგებმა, რომელთა წარმატებული ფუნქციონირება ჩვენი ეკონომიკის აღმავლობის საფუძველია.

როგორც აღინიშნა, ჩვენს ქვეყანას ტრადიციულად ბუნებრივი გაზი თითქმის გარედან შემოაქვს. მას კი საქართველოს საერთო მიწოდებაში დიდი ადგილი უჭირავს (იხ. ცხრილი 1). 2017 წელს, როგორც ითქვა, სულ ქვეყანას მიეწოდა 2343,9 მლნ.კუბ.მ. აქედან კი იმპორტული გაზის წილი იყო 99,6 % .

ცხრილი 1

**ბუნებრივი გაზის მიწოდება და მოხმარება
2017 წ.**

მაჩვენებლები	მლნ.კუბ.მ.
წარმოება	8,5
იმპორტი	2335,4
სულ მიწოდება	2343,9
საბოლოო მოხმარება	1727,4
მრეწველობაში	138,6
ტრანსპორტზე	251,0
სხვა	1092,3
არაენერგეტიკული მიზნებისათვის	245,5

დღესდღეობით საქართველო ყველა სახის ენერჯიას მოიხმარს ბუნებრივ გაზთან ერთად. მათ შორისაა ელექტროენერჯია, ნავთობპროდუქტები, ბიოსაწვავი, ნარჩენები, ქვანახშირი, გეოთერმული, მზისა

და ქარის ენერჯია, მაგრამ თავისი დიდი თბოუნარიანობის გამო, ბუნებრივი გაზი პირველ ადგილზეა (იხ. ცხრილი 2). ცხრილიდან ჩანს, რომ მას საქართველოს ენერგომომხმარებაში პირველი ადგილი უჭირავს. მასზე მოდის ჯამური ენერგომომხმარების 31,1 % და 3,4 პროცენტული ფუნქციით უსწრებს ამ მხრივ მეორე ადგილზე მყოფ ნავთობპროდუქტებს (29,7%), 10,9-ით ელექტროენერჯიას (22,2 %), 14,8-ით - ბიოსაწვავს (8,3 %) და 26,8-ით - ქვანახშირს (6,3%).

ცხრილი 2

**საქართველოს ენერგომომხმარებაში ცალკეული ენერჯიაშემცველების ადგილი
2017 წ.**

ენერჯიაშემცველის დასახელება	წილი ენერგომომხმარებაში %	ადგილი
ბუნებრივი გაზი	33,1	I
ნავთობპროდუქტები	29,7	II
ელექტროენერჯია	22,2	III
ბიოსაწვავი და ნარჩენები	8,4	IV
ქვანახშირი	6,2	V
გეოთერმული, მზის, ქარის	0,4	VI
სულ	100,0	-

ამასთანავე აღსაღნიშნავია, რომ ბუნებრივი გაზის მონაწილეობა საქართველოს ენერგეტიკულ ბალანსში თანდათან იზრდება (იხ. ცხრილი 3). ცხრილიდან ჩანს, რომ ეს მაჩვენებელი 2017 წელს 33,1 % ხუთი წლის წინანდელ პარამეტრს (22,4 %), 10,7 პროცენტული პუნქტით ჭარბობს.

ცხრილი 3

ბუნებრივი გაზი საქართველოს ენერგეტიკულ ბალანსში 2013-2017 წლებში (ათასი ტ.პ.ს)

დასახელება	2013	2014	2015	2016	2017
სულ ენერგეტიკული რესურსების საბოლოო მოხმარება	3726,3	4022,8	4174,6	4330,5	4363,4
მათ შორის ბუნებრივი გაზი	1058,7	1277,9	1364,5	1341,0	1444,0
% ჯამთან	28,4	31,7	32,7	31,0	33,1

სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის საქმიანობა მნიშვნელოვნად დაქვეითდა. მოიშალა არსებული ეკონომიკური და პროფესიული კავშირები, დაინგრა და განადგურდა არსებული სიმძლავრეების დიდი ნაწილი. ენერგეტიკა და ენერგეტიკული ბალანსი ახალი ამოცანების წინაშე დადგა; ბოლო პერიოდში მათ განვითარებას შემდეგი ძირითადი პირობები განსაზღვრავდა: გასულ წლებში ენერგეტიკული ბალანსისა და საერთოდ, ენერგეტიკის განვითარებას, ბევრი ფაქტორი განსაზღვრავდა. მათ შორის აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საბაზრო ეკონომიკაზე გარდამავალ პერიოდში საქართველოს განვითარების ძირითადი მიმართულებებია:

- ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების ტემპები, წარმოების ენერგოტეკვალობის შემცირების აუცილებლობა, სათბობ-ენერგეტიკულ რესურსებზე მოთხოვნილების და სტრუქტურის ოპტიმიზაცია;

- მსოფლიო ეკონომიკური და ენერგეტიკული ბაზრების კონიუნქტურის მდგომარეობა, საერთაშორისო ენერგეტიკულ სივრცეში საქართველოს ინტეგრირების ხარისხი;
- ძირითადად საკუთარ რესურსებზე ორიენტირებული სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის შექმნა და ამ მიზნით ჰიდრორესურსებისა და განახლებადი ენერჯის სხვა წყაროების ათვისების გაფართოება, საკუთარი ორგანული სათბობის დაძვივებისა და მოპოვების გაფართოება, რესურსების სტრატეგიული მარაგის მყარი ბაზის შექმნა;
- ხელსაყრელი საინვესტიციო კლიმატის ფორმირება, მომავლის ენერგეტიკაზე დაფუძნებული კომპლექსის ჩამოყალიბება.

ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში საქართველოს გაზომომარაგების გაუმჯობესების მიზნით, მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ძვრები მოხდა. კერძოდ, მარეგულირებელი კომისიის მიერ დამტკიცდა „ბუნებრივი გაზის ქსელის წესები“, რომელიც:

- განსაზღვრავს ტრანსპორტირების სისტემისა და გამანაწილებელი ქსელის მართვისა და ქსელით სარგებლობის პროცედურებს, პირობებსა და პრინციპებს, ბუნებრივი გაზის სექტორში მოქმედ კომპანიებსა და მათი მომსახურებით სუბიექტებს შორის ურთიერთობებს;
- არეგულირებს ისეთ საკითხებს, როგორცაა ტრანსპორტირების სისტემაზე მიერთება, ურთიერთობა სისტემით მოსარგებლესა და ტრანსპორტირების ლიცენზიანტს შორის;
- განსაზღვრავს ბუნებრივი გაზის ხარისხობრივ მახასიათებლებს, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს

ტრანსპორტირების სისტემაში შემოსული ბუნებრივი გაზი;

- კონკურენციის განვითარების მიზნით, ადგენს გამჭვირვალობის სტანდარტებს და ბუნებრივი გაზის სისტემებთან დაშვებისათვის აუცილებელ მოთხოვნებს.

დამტკიცდა ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირების სისტემაში და გამანაწილებელ ქსელში ნორმატიული დანაკარგების გაანგარიშების წესი, რომლის მიხედვითაც ნორმატიული დანაკარგების დადგენისათვის გამოიყენება წამახალისებელი რეგულირების პრინციპები და ემყარება შესაბამისი ლიცენზიანტის ქსელში გაზის დანაკარგების ფაქტობრივ მონაცემებს.

მიუხედავად აღნიშნულისა, ქვეყნის გაზომომარაგებაში ჯერ კიდევ ბევრი მოსაგვარებელი საკითხია. პირველ რიგში, გაფართოებას საჭიროებს გაზომომარაგების არეალი. კვლავ მწვავე საკითხად რჩება უსაფრთხოების პრობლემა და, რაც ყველაზე მთავარია, მომხმარებლის უზრუნველყოფა ადგილობრივად მოპოვებული გაზით. როგორც ცნობილია, ამჟამად საქართველოში გაზი თითქმის მთლიანად იმპორტულია. სამწუხაროდ, ბუნებრივი გაზის სამრეწველო მნიშვნელობის დიდი საბადო საქართველოში ჯერჯერობით არ აღმოჩენილა, თუმცა საძიებო ბურღვისას რამდენჯერმე იყო გაზის გამოვლინების შემთხვევა. მაგალითად, ჯერ კიდევ 1967 წელს თებერვალში ბუნებრივი გაზის მძლავრმა ნაკადმა იფეთქა თბილისის აღმოსავლეთით გაშემცველ ჰორიზონტზე (2712 მეტრ სიღრმეზე). 11 საძიებო ჭაბურღილის ჭავლი დღე-ღამეში 250 კუბურ მეტრამდე გაზს იძლეოდა, მაგრამ ჭაბურღილმა მხოლოდ სამ დღე-ღამეს იმოქმედა. მანამდე, 1954-1963 წლებში კი თბილისის სამ ჭაბურღილში შემჩნეული იყო გაზის ფრიად

ინტენსიური გამოვლინება. 11 ჭაბურღილში გაზის შადრევანი არ შეიძლება ჩაითვალოს შემთხვევითად და ერთეულ მოვლენად. ჭაბურღილებით მიღებული მონაცემები, სტრუქტურების ხელსაყრელი აღნაგობა, მათი დახურული ხასიათი და მნიშვნელოვანი ფორონობა მოწმობს, რომ თბილისის მახლობლად მდებარე ფართო რაიონი პერსპექტიულია ბუნებრივი გაზის შემცველობის მხრივ. სპეციალისტთა გაანგარიშებით, რასაც საფუძვლად დაედო საწყისი მაჩვენებლების მინიმალური მნიშვნელობები, ბუნებრივი გაზის პროგნოზული მარაგი აქ ასეულ მლრდ. კუბური მეტრის რაოდენობით განისაზღვრება.

ექსპერტული შეფასებით, გაზოვანი ფენების აღმოჩენა მოსალოდნელია საქართველოს ბევრ სხვა რაიონშიც. ანალოგიური სამუშაოები ამ მიმართულებით ამჟამადაც მიმდინარეობს.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ საქართველო გახდა ბუნებრივი გაზის (ისე, როგორც ნავთობის) სატრანზიტო ქვეყანა. შაჰდენიზის (სამხრეთ კავკასიის ანუ ბაქო-თბილისი-ერზურუმის) გაზსადენი გადის შაჰდენიზის გაზის ბაქნის აზერბაიჯანის სექტორიდან საქართველოს გავლით თურქეთში. 2006 წლის 21 მაისს განხორციელდა ბუნებრივი გაზის პირველი საცდელი ჩაიტვირთვა გაზსადენში სანგაჩალის ტერმინალიდან. გაზის პირველი გაშვება 2006 წლის 30 სექტემბრისათვის იყო დაგეგმილი, მაგრამ ტექნიკური მიზეზების გამო გაზსადენი ექსპლუატაციაში 2006 წლის 20 დეკემბერს შევიდა.

ბუნებაზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირების მიზნით გაზსადენი იმავე დერეფანში აშენდა, სადაც რამდენიმე წლით ადრე ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენი გაიყვანეს. გაზსადენის სიგრძე 692 კმ-ია, ხოლო წლიური გამტარობა - 16 მლრდ.

კუბური მეტრი. მომავალში გათვალისწინებულია გაზსადენის თურქმენულ და ყაზახურ მწარმოებლებთან შეერთება ტრანსკასპიური გაზსადენის მეშვეობით.

დასკვნა

როგორც ტრანზიტულ სახელმწიფოს – საქართველოს წლიურად გატარებული გაზის 5 % რჩება, ტარიფით ასევე შეუძლია 0,5 მლრდ. კუბური მეტრი შეიძინოს ყოველწლიურად. შორეულ პერსპექტივაში სამხრეთ კავკასიის გაზსადენი გაზს ევროპასაც მია-

წოდებს მასთან თურქეთ-საბერძნეთისა და საბერძნეთ-იტალიის სადენების შეერთებით.

საქართველოსათვის ამ მიმართულებით ახალ პერსპექტივებს სახავს ტრანსატლანტიკური გაზსადენის (TANAP) მშენებლობის მეორე ეტაპის დასრულება და მისი ექსპლუატაციის დაწყება საქართველოს საზღვრიდან თურქეთის ტერიტორიის გავლით საბერძნეთის საზღვრამდე. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ამ პროექტის განხორციელებით საქართველო საერთაშორისო მასშტაბის მოთამაშე ხდება. ეს კი უთუოდ შეუწყობს ხელს ჩვენი ქვეყნის ენერგომომარაგებას და უსაფრთხოებას.

ლიტერატურა

1. Chomakhidze D. Energy balance of Georgia. Georgian Technical University. Tbilisi. 2006. (in Georgian).
2. Chomakhidze D. Georgian energy: Economics, regulation, terminology, statistics. Georgian Technical University. Tbilisi. 2014. (in Georgian).
3. Khomakhidze D. Problems with Georgian gas supply. Tbilisi. 2006. (in Georgian).
4. URL: www.geostat.ge (in Georgian).
5. URL: www.gnrc.org (in Georgian).

UDC 621.397.2

SCOPUS CODE 2101

The role of natural gas in energy supply of Georgia

Goderdzi Kiknavelidze Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: g.kiknavelidze@gtu.ge

Khatuna Chomakhidze Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: k.chomakhidze@gtu.ge

Nino Titmeria PhD, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: n.titmeria@gtu.ge

Reviewers:

G. Amkoladze, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU

E-mail: g2008@boom.ge

O. Kiguradze, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU

E-mail: kiguradzeomar@gmail.com

Abstract. The role and importance of the natural gas in Georgia is analyzed in this article. Despite Georgia is almost completely depended on the imported natural gas, it occupies the first place in the energy balance of Georgia among the energy commodities and keeps the increasing trend. The past five-year period (2013-2017) has been researched. During the past period technical part of the mining and transportation of natural gas has markedly improved worldwide, using 200-300 mm and bigger diameter pillars. This is very important structural division of the gas industry. Long distance shipping of the natural gas i.e. transportation mainly done through pipelines.

The main deposits of natural gas are found on almost every continent, though it should be noted the Middle East countries: Kuwait, Iraq, Iran and also Russia, Romania etc. Herewith it's worth noting that in recent years the consumption of natural gas has rapidly increased in Georgia and reached 5-6 billion cubic meters per year.

Key words: Electricity; energy balance; energy supply; natural gas; oil products.

UDC 621.397.2
SCOPUS CODE 2101

Роль природного газа в энергоснабжении Грузии

Годердзи Кикнавелидзе	Департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: g.kiknavelidze@gtu.ge
Хатуна Чомахидзе	Департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: k.chomakidze@gtu.ge
Нино Титмерия	Департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: n.titmeria@gtu.ge

Рецензенты:

- Б. Амколадзе**, профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: g2008@boom.ge
- О. Кигурадзе**, профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: kiguradzeomar@gmail.com

Аннотация. В статье проанализирована роль и значение природного газа в Грузии. Несмотря на то, что страна почти полностью потребляет импортируемый природный газ, он всё равно занимает первое место в энергетическом балансе в течении многих лет среди энергоносителей и имеет тенденцию роста. С этой стороны изучена ситуация последних пяти лет (2013-2017гг). Также в прошедшем периоде во всём мире значительно улучшилась техническая сторона добычи и транспортировки природного газа, используя эксплуатационные столпы диаметром 200-300мм и выше, которые являются значительным структурным подразделением газовой отрасли. Перевозка газа на дальние расстояния или транспортировка природного газа в основном производится по газопроводами.

Основные залежи природного газа найдены почти на ладом континенте, но надо отметить страны ближнего и среднего Востока: Кувейт, Ирак, Иран Россия, Румыния и т.д. Также нужно отметить, что в последние годы быстро растёт потребление природного газа в Грузии и составляет 5-6 млрд. куб. метров в год.

В конце статьи представленные предложения по улучшению вопросов газификации.

Ключевые слова: природный газ; электроэнергия, нефтепродукты; энергетический баланс; энергоснабжение.

განხილვის თარიღი 31.01.2019

შემოსვლის თარიღი 05.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-86-96>

გაერთიანებული და მწირი საინჟინრო რესურსების პირობებში სამოქალაქო-სამხედრო საერთო მნიშვნელობის ობიექტების აღდგენა – კოდორის ხეობა

მურთაზ გუჯეჯიანი აგული სოხადის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: nav.qutaisi@gmail.com

რეცენზენტები:

ე. მეძმარიაშვილი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

თ. შუბლაძე, სტუ-ის ნაგებობების სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

ანოტაცია. სახელმწიფოს თავდაცვის სისტემა რთული სტრუქტურისაა. არაპროგნოზირებადი პროცესები, თანამედროვე ომების წარმოება, საბრძოლო მოქმედებები, ბრძოლები და ცალკეული ოპერაციების ხასიათი, მათი გამოვლენის ფორმები და შინაარსი, ტერიტორიული გარემო, და, რაც მთავარია, სახეცვლილი საფრთხეები მკაცრი და აუცილებელი მოთხოვნით განაპირობებს სამხედრო უსაფრთხოების სივრცეში სამოქალაქო და სამხედრო კომპონენტების ერთობლივ და შეთავსებულ ფუნქციონირებას, მათ მკაფიოდ განსაზღვრულ როლს, ფუნქციებსა და ამოცანებს.

სტატიაში მოყვანილი მაგალითები და გაერთიანებული ინჟინერიის სტრუქტურა ტოტალური თავდაცვის პირობებში სრულ შესაბამისობაშია სამხედრო-საინჟინრო მოთხოვნების შესაბამისი ხელოვნური გარემოს შექმნის შესაძლებლობებთან. ტოტალური თავდაცვისას – საგანგებო ვითარებებზე და საომარ მდგომარეობას უდიდესი როლი ენიჭება, მნიშვნელოვნად უკავშირდება ინფრასტრუქტურისა და საქართველოს ტერიტორიის თავდაცვისთვის წინსწრებით საინჟინრო მომზადებას.

საკვანძო სიტყვები: ოპერაციების რაიონის მომზადება; სამხედრო ინჟინერი; ტოტალური თავდაცვა; ქვეყნის საინჟინრო რესურსების სინთეზი.

შესავალი

ფიზიკური, ბუნებრივი და მათი კომბინაციებით წარმოქმნილი საგანგებო მდგომარეობის დადგომამდე, დადგომისას და მომავალი კონფლიქტებისთვის მომზადებისას მნიშვნელოვანია აუცილებელი საპასუხო ქმედებების ფართო და მრავალფეროვანი სპექტრის გაგება. ამასთან, სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს მშვიდობიან ფაზაში მოვემზადოთ და მაქსიმალურად ავიცილოთ ან შევამციროთ საგანგებო სიტუაციების და ომის უარყოფითი შედეგები.

საქართველოს ეკონომიკური, სოციალური განვითარება და ქვეყნის მომზადება ტერიტორიული თავდაცვისათვის დამოკიდებულია სატრანსპორტო სექტორის გამართულ და ეფექტურ ფუნქციონირებაზე. ეროვნული საგზაო-სატრანსპორტო ქსელით, მეორეული და ადგილობრივი გზებით, ხიდებით, არხებითა და გადასასვლელებითაა დაკავშირებული საქართველოს მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურა, მუნიციპალიტეტები და ა.შ.

2008 წლის აგვისტოს ომში ჯერ კიდევ სუსტი იყო საქართველოს სამოქალაქო და სამხედრო საინჟინრო რესურსების ეფექტური მართვა და გამოყენება. მიუხედავად სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფების პროფესიულობისა, არსებული მწირი რესურსებისა და მარაგებისა, საინჟინრო რესურსები არ იყო მაქსიმალურად გამოყენებული, ასევე არ იყო სათანადოდ მომზადებული ტერიტორია და ინფრასტრუქტურა.

ძირითადი ნაწილი

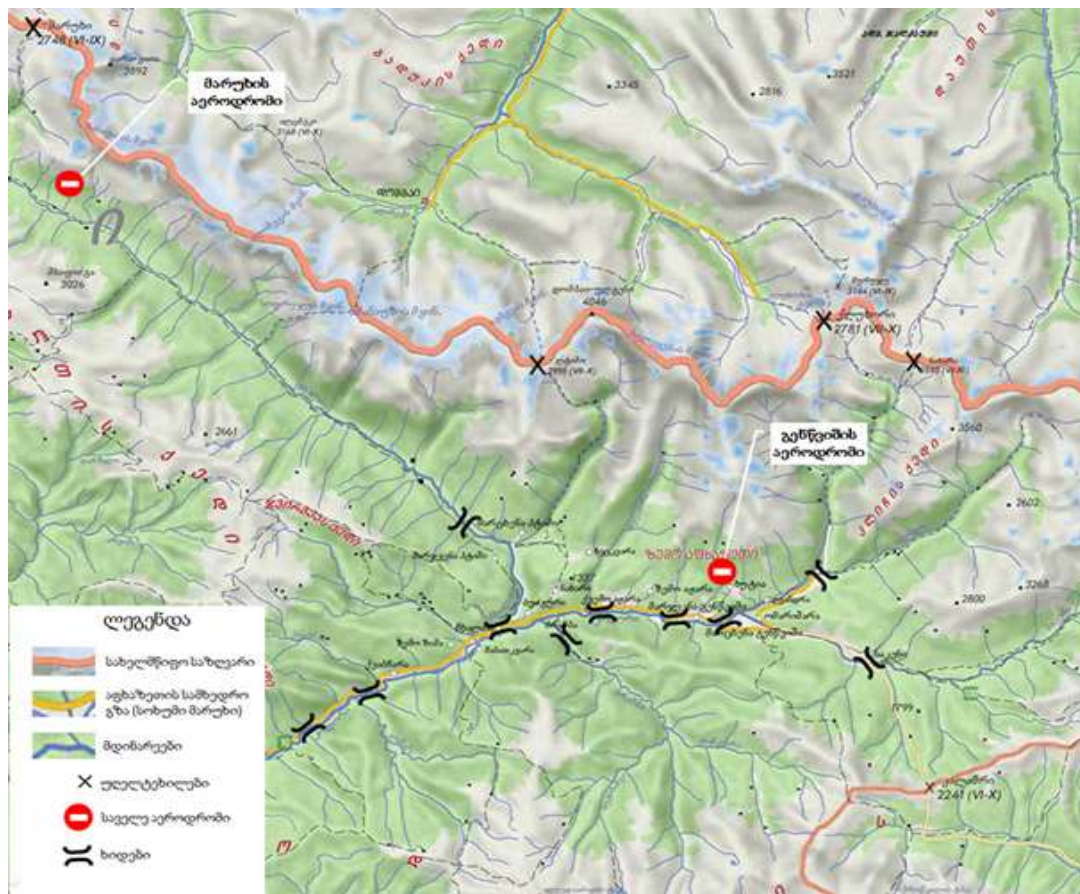
საქართველოს ხელისუფლებამ შეიმუშავა ტერიტორიული თავდაცვის კონცეფცია, რომლის თანახმად ტოტალური თავდაცვის პირობებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კონტრმობილურობისა და მობილურობის ოპერაციებს. ისეთი პატარა ქვეყნისთვის, როგორც საქართველოა, მეტად სახასიათოა ტერიტორიული თავდაცვის თანამიმდევრული საინჟინრო მომზადება. მოკლევადიან, საშუალო და გრძელვადიან პერსპექტივაში საქართველოში უნდა შეიქმნას თავდაცვის ქმედითი საინჟინრო ძალები, სადაც საქართველოს გაერთიანებულ საინჟინრო ძალას მცირე, საშუალო და სრულმასშტაბიან კონფლიქტებში დაეკისრება საინჟინრო უზრუნველყოფა. სამოქალაქო და სამხედრო საინჟინრო საშუალებების სინთეზი აადვილებს მობილურობისა და კონტრმობილურობის ოპერაციების ჩატარებას. თავდაცვითი ოპერაციებისათვის კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ინფრასტრუქტურის (გზები, ასაფრენ-დასაფრენი ბილიკები, ხიდები და სხვა) როგორც მომზადება, ისე შენარჩუნება.

საკუთარი ძალების გადაადგილება და მანევრირება დამოკიდებულია მობილურობაზე¹, რათა ამოცანის წარმატებით შესასრულებლად შენარჩუნდეს მოქმედების თავისუფლება. მოწინააღმდეგეზე უპირატესობის მოპოვების მიზნით, მეთაურები სამხედრო ინჟინრების მეშვეობით ისე ამზადებენ ოპერაციის რაიონს, რომ დანაკარგის გარეშე ან მინიმალური დანაკარგებით შეძლონ ამოცანის წარმატებით შესრულება.

¹სამშვიდობო, სტაბილურობისა და თავდაცვითი ოპერაციებში მობილურობის განსაზღვრა კარგადაა გადმოცემული საქართველოს სამხედრო-საინჟინრო დოქტრინის საფუძვლების სახელმძღვანელოში [პროფესორი ელგუჯა მეტყარიაშვილი. "საქართველოს სამხედრო-საინჟინრო დოქტრინის საფუძვლები". თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2006 წელი, თავი VIII. 2. საბრძოლო ფუნქციები - მობილურობა, კონტრმობილურობა და გადარჩენისუნარიანობა, გეოსივრცის დამუშავება და ზოგადი ინჟინერია, 312-325გვ.].

საქართველოს სამოქალაქო და სამხედრო საინჟინრო ძალებისა და საშუალებების კეთილგონივრული და სინთეზური გამოყენების ერთ-ერთი

კარგი მაგალითია 2006 წელს კოდორის ხეობაში განხორციელებული ხიდებისა და საველე აეროდრომების მშენებლობის ოპერაცია (სურ. 1).



სურ. 1. კოდორის ხეობაში აშენებული/განახლებული ხიდები და აეროდრომები

2006 წლის ზაფხულსა და შემოდგომაზე კოდორის ხეობაში (1000-მდე კომლი და 5000-მდე მოსახლე) აღადგინეს 1 და აშენდა 1 ახალი აეროდრომი, ასევე ათობით ხიდი, რამაც, ერთი მხრივ, ადგილობრივ მოსახლეობას შეუმსუბუქა გაუსადილისი სოციალური პირობები და, მეორე მხრივ, გაზარდა საკუთარი ძალების მობილურობა.

სურათზე წარმოდგენილია ქვეყნის საინჟინრო რესურსის სწრაფი და ეფექტური გამოყენების შედეგი, რამაც გააძლიერა და მხარი დაუჭირა ხეობაში

ჰუმანიტარული და სამშვიდობო ოპერაციის წარმატებით შესრულებას. საინჟინრო ოპერაციის ძირითადი ძალისხმევა მიმართული იყო ადგილობრივი მოსახლეობის სოციალური პირობების გაუმჯობესებასა და საგზაო ინფრასტრუქტურის აღდგენაზე. ცალსახად უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევაში კოდორის ხეობაში საჭირო ადგილას და დროს აღმოჩნდა ინჟინრების საჭირო რაოდენობა და რესურსი. ზოგადი საინჟინრო ამოცანების შესრულებით ხეობაში განხორციელდა გზების გაწმენდა,

განახლება და ხიდების აღდგენა-მშენებლობა. კოდორის ხეობაში განხორციელებული ჰუმანიტარული და სამშვიდობო ოპერაცია საკუთარი ძალების მობილურობის თვალსაჩინო მაგალითია.

ტერიტორიის ბუნებრივი და ხელოვნური წინააღობებისა და დაბრკოლებების გადალახვა განსაკუთრებული ამოცანაა, რომელიც მოითხოვს სპეციალურ რესურსებსა და მომზადებულ/გადამზადებულ პროფესიონალს – პირად შემადგენლობას.

ზოგადი ინჟინერიის ამოცანების შესრულებისას, სათანადო სტანდარტული აღჭურვილობის არქონის შემთხვევაშიც, მნიშვნელოვანია კარგად მომზადებული ინჟინრები. როგორც ქვევით სურათებიდან ჩანს, ხის კოჭებით აგებული ხიდები და გადასავლელები უზრუნველყოფს სამოქალაქო და სამხედრო ბორბლიანი და მუხლუხა ტექნიკის (მსუბუქი, სატვირთო, სპეციალური და დაჯავშნული) უსაფრთხო გატარებას.



სურ. 2. კოდორის ხეობა, საინჟინრო ოპერაცია – ქვემო ქვაფხარის (ლათა-ქვაფხარის მონაკვეთი) ხიდის სრული აღდგენა. მოხდა რკინაბეტონის კონსტრუქციის გამაგრება, ხიდის სავალ ნაწილზე დაიგო ახალი ხის კოჭები და მოეწყო კვა-ლორდის სავარი. მისი სავალი ნაწილის გაზარიტი საკმარისია, რომ უზრუნველყოს მოძრაობა ერთ ზოლზე დაბალი სიჩქარით (5-10 კმ/სთ). ხიდის სიგრძე დაახლოებით 12 მეტრია, ტვირთამწეობა – 15 ტონამდე, სავალი ნაწილის სიგანე – დაახლოებით 3,5 მეტრამდე; სიმაღლე – დაახლოებით 25 მ.



სურ. 3. კოდორის ხეობა, საინჟინრო ოპერაცია – სოფელი საკენის ზემო (ომარიშარა - საკენი - მონაკვეთი) მონაკვეთი. ხის კოჭებით აგებული ხიდი. სავალ ნაწილზე დაიგო ახალი ხის კოჭები და მოეწყო ქვა-ღორღის საფარი. მისი სავალი ნაწილის გაზარიტი საკმარისია, რომ უზრუნველყოს ერთ ზოლზე დაბალი სიჩქარით (5-10 კმ/სთ) სამოქალაქო და სამხედრო ბორბლიანი და მუხლუხა (მსუბუქი/სატვირთო/დაჯავშნული) ტექნიკის გადაადგილება. ხიდის სიგრძე დაახლოებით 16 მეტრია ტვირთამწეობა – 15 ტონამდე, სავალი ნაწილის სიგანე – დაახლოებით 5 მეტრამდე; სიმაღლე – 3,5 მ



სურ. 4. კოდორის ხეობა, საინჟინრო ოპერაცია – ქვაფხარა-ჩხალთის გზის მონაკვეთი. აიგო რკინაბეტონის კონსტრუქცია, ხიდის სავალ ნაწილზე დაიგო ახალი ხის კოჭები და მოეწყო ქვა-ღორღის საფარი. მისი სავალი ნაწილის გაზარიტი საკმარისია, რომ უზრუნველყოს ერთ ზოლზე დაბალი სიჩქარით (5-10 კმ/სთ) სამოქალაქო და სამხედრო ბორბლიანი და მუხლუხა (მსუბუქი/სატვირთო/დაჯავშნული) ტექნიკის გადაადგილება. ხიდის სიგრძე დაახლოებით 11 მეტრია, ტვირთამწეობა – 15 ტონამდე, სავალი ნაწილის სიგანე – დაახლოებით 5 მეტრამდე; სიმაღლე – დაახლოებით 4 მ

კოდორის სამშვიდობო ოპერაციის სამოქალაქო-სამხედრო საინჟინრო მისიის მნიშვნელოვან ამოცანათა სიაში არა მხოლოდ ხიდებისა და გადასავლელების აღდგენა და მშენებლობა იყო, ასევე გზების გაწმენდა-გაფართოება, აეროდრომების (ერთი

ახალის აშენება და ერთის აღდგენა) მშენებლობა და სხვა ინფრასტრუქტურული პროექტები. ქვევით მოყვანილ სურათებზე ნაჩვენებია გზის გაწმენდა-გაფართოება და მარუხის უღელტეხილთან საველე აეროდრომის მშენებლობა.



სურ. 5. გზის ერთ-ერთი მონაკვეთის გაწმენდა და გაფართოება

საგანგებო სიტუაციებსა და ტერიტორიულ თავდაცვაში მხოლოდ სამხედროები არ მონაწილეობდნენ, აუცილებელია სახელმწიფოსა და საზოგადოების ყველა კომპონენტის ჩართულობა. არანაკლებ მნიშვნელოვანია მჭირი დრო (ზამთრის ხანგრძლივობა არანაკლებ 6 თვე) და ლიმიტირებული საინ-

ჟინრო რესურსები, სწორედ ამ შემთხვევაში შეგვიძლია ვისაუბროთ წარმატებაზე. მაგალითისთვის საკმარისია აღვნიშნოთ, რომ მარუხის უღელტეხილთან საველე აეროდრომის მშენებლობაზე მონაწილეობდა ადგილობრივი 50-მდე მოხალისე (მოგვიანებით დაქირავებული) და 150 სამხედრო ინჟინერი (სურ. 6).



სურ.6. მარუხვის საველე აეროდრომის მშენებლობა. გაფართოვდა და გასწორდა 1200-მეტრიანი ასაფრენ-დასაფრენი ბილიკი დაახლოებით 100 მეტრით აღმოსავლეთით და 100 მეტრით – დასავლეთით. მომზადდა ბილიკზე შესასავლელი და გასასვლელი ისე, რომ მოეწყო ასაფრენი მოედანი ერთდროულად 2 შვეულფრენისთვის

მოცემული მასალიდან ჩანს სამოქალაქო და სამხედრო საინჟინრო შესაძლებლობების სიტუაციისას გაერთიანებული რესურსებით რეაგირების ფრაგმენტული და ეპიზოდური სინთეზი. აშკარაა, რომ სამხედრო და სამოქალაქო ინჟინერია არა მხოლოდ ოპერაციების რაიონში ტაქტიკურ დონეზე, ასევე ტერიტორიული თავდაცვის სტრატეგიული და ოპერატიული ხელოვნების ორგანული ნაწილია.

ექვგარეშეა, რომ პატარა ქვეყნებისათვის მნიშვნელოვანია საკუთარი ძალების მობილურობა და ხარისხი და არა რაოდენობა. მოწინააღმდეგე ირჩევს სხვადასხვა სტრატეგიას – განადგურების, გამოფიტვის, თავის არიდების და ა.შ. მიუხედავად სწრაფ-განვითარებადი და ცვალებადი უსაფრთხოების გარემოსი, სამხედრო ძალები რჩება სახელმწიფოს უსაფრთხოების მნიშვნელოვან კომპონენტად.

მოწინააღმდეგე ჯერ არნახული სისწრაფით ავითარებს სამხედრო საშუალებებს, სამხედრო ფართო ან მცირემასშტაბიან მოქმედებებს განიხილავს, როგორც ერთ-ერთ შესაძლებლობას და ამ მოქმედებამდე, როგორც წესი, ატარებს სხვადასხვა გამომფიტავ ფარულ ოპერაციას.

აშკარაა, რომ საგანგებო სიტუაციებისა და საომარი მოქმედებების დადგომამდე მაქსიმალური ყურადღება უნდა დაეთმოს საკუთარი ძალების სწრაფად გადაადგილებისა და ზუსტი მოქმედებების თავისუფლების ხელშეწყობას. პერსპექტივაზე გათვლილი სახელმწიფოებრივი მოქმედებების ეფექტურობა უშუალოდ დამოკიდებული იქნება იმაზე, თუ რაოდენ მალე შეიქმნება (მოკლე, საშუალო და გრძელვადიანი პერიოდი) ორმაგი დანიშნულების საბრძოლო და ზოგადი სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფები (არანაკლებ 2 ბრგიადა), აღიჭურვება და მომზადდება საქართველოს არსებული ან ახალი ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული მოწყობის მოთხოვნებით. აღსანიშნავია, ორმაგი დანიშნულების სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფები სრულად შეესაბამება საქართველოს ძირითად სამხედრო-პოლიტიკურ დოკუმენტს „ერევნულ სამხედრო სტრატეგიას“ და ნატოს წევრი ქვეყნების მოთხოვნებს.

საინჟინრო შესაძლებლობების მოდერნიზირება და საქართველოს ტერიტორიის საინჟინრო მოწყობა უნდა განხორციელდეს თავდაცვის ძალების დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ოპერატიული სარდლობების სტანდარტული საინჟინრო ბატალიონების ბაზაზე. ასეთ კარდინალურ მოთხოვნას

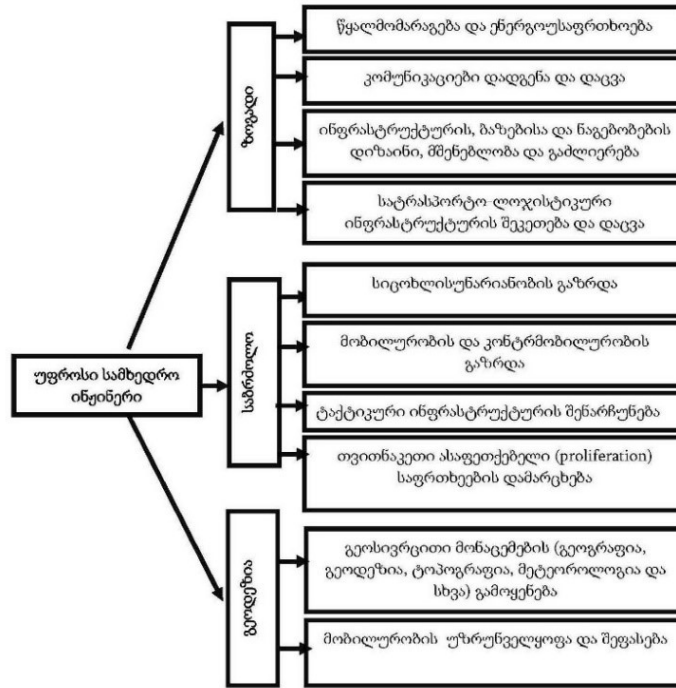
თავისი ახსნა აქვს, რეორგანიზებული ბატალიონები ახალი ფუნქციით და ამოცანით, ერთი მხრივ, მოახდენენ საგანგებო სიტუაციების დადგომამდე, კრიტიკული ინფრასტრუქტურისა და ტერიტორიის საინჟინრო მომზადებას და კატასტროფული შედეგების შემცირებას, მეორე მხრივ, საკუთარი ძალების როგორც სამოქალაქო, ისე თავდაცვის ძალების გადაადგილებისა და მოქმედების თავისუფლების ხელშეწყობას.

ინჟინრები ამზადებენ ოპერაციის რაიონს, რათა გაზარდონ საკუთარი ძალების მობილურობა, საქართველოს ტერიტორიაზე ბუნებრივი და ხელოვნური წინაღობებისა და დაბრკოლებების გადალახვა არ არის მარტივი ამოცანა, რომელიც მოითხოვს სპეციალურ რესურსებს და მომზადებულ/გადამზადებულ, პროფესიონალ ინჟინერს. ზოგადი ინჟინერიის ამოცანების შესრულებისას, სათანადო სტანდარტული აღჭურვილობის არქონის შემთხვევაშიც, მნიშვნელოვანია კარგად მომზადებული ინჟინრები. სტატიის დასაწყისში აღინიშნა, რომ დროის მოკლე მონაკვეთში აგებული ხიდები და გადასავლელები უზრუნველყოფს სამოქალაქო და სამხედრო ბორბლიანი და მუხლუხა ტექნიკის (მსუბუქი, სატვირთო, სპეციალური და დაჯავშნული) უსაფრთხო გატარებას.

სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფების მნიშვნელოვან ამოცანათა სიაშია არა მხოლოდ განსაკუთრებული წინააღმდეგობის გადალახვის ამოცანა – ხიდებისა და გადასასვლელების მომზადება და მშენებლობა, არამედ – გზების გაწმენდა-გაფართოება, ინფრასტრუქტურის მშენებლობა და აღდგენა, დამხმარე საშუალებების მომზადება და ყველა ტიპის ხანძარზე რეაგირება.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ საქართველოს ტერიტორიის დაცვისთვის, კრიტიკული ინფრასტრუქტურის საგანგებო სიტუაციებისა და საომრად მომზადებისთვის, ყველა შემთხვევაში, ოპერატიული ველის მომზადება დაეკისრება სამოქალაქო

და სამხედრო ინჟინრებს. ამკარაა, რომ სამხედრო და სამოქალაქო ინჟინერია არა მხოლოდ ოპერაციების რაიონში ტაქტიკურ დონეზე, არამედ ტერიტორიული თავდაცვის სტრატეგიული და ოპერატიული ხელოვნების ორგანული ნაწილია (სურ. 7).



სურ. 7. გაერთიანებული საინჟინრო შესაძლებლობები

დასკვნა

საქართველოს ტოტალური თავდაცვის ძალებმა უნდა მოახდინონ საკუთარი ძალების ორგანიზება, წვრთნა და აღჭურვა ისე, რომ შეძლონ არა მხოლოდ ომში მონაწილეობა და კარგად ბრძოლა, არამედ მისი მოგება, მოსახლეობის უსაფრთხოება და წესრიგის დაცვის მხარდაჭერა. საქართველოს თავდაცვის ძალების სამხედრო ინჟინერი ნიშნავს მამაც, თავდადებულ პიროვნებას, რომელიც გამოირჩევა

მუდმივად სიახლეების ძიებითა და სიმაღლეების დაპყრობით. წარმატების მწვერვალისკენ მიმავალი ბილიკი მოითხოვს ამ შესაძლებლობების მკაფიო ხედვას, სასურველი გაბედულებისა და თვითდაჯერებულობის უნარს. ამ სულისკვეთებით არის აღჭურვილი მამაცი ინჟინერი, გზის გამკაფველი, რომელსაც ყოველთვის შეიძლება ენდო და დაეყრდნო. კარგი გეგმის მტერი საუკეთესო გეგმაზე ფიქრია.

ლიტერატურა

1. Medzmariashvili E. Fundamentals of Georgian military engineering doctrine. Tbilisi. 2006. (in Georgian).
 2. Military encyclopedic dictionary of Georgia. Tbilisi. 2017. (In Georgian).
 3. URL: <http://pprdeast2.eu/wp-content/uploads/2015/08/GE-Country-Profile-GE.pdf> (in Georgian).
-

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

Restoration of civil/military objects in the conditions of common and scarce engineering resources – Kodori Gorge

Murtaz Gujejani

Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68^b
M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: nav.qutaisi@gmail.com

Reviewers:

E. Medzmariashvili, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

T. Shubladze, Chief Scientific Researcher, Institute of Constructions, Special Systems and Engineering Provision, GTU

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Abstract. The present article provides a theoretical and practical example of the effective management and use of Georgian civil and military engineering resources. The state's defense system is complex. Unpredictable processes, conduction of modern wars, combat operations, battles and the nature of individual operations, the forms and content of their detection, territorial environment, and, the most importantly, the threats posed by strict and necessary requirements stipulate the joint and combined operation of civilian and military components, their clearly defined roles, functions and tasks.

The examples and the structure of participatory design are given, which fully correspond to the capabilities of creating an artificial environment in accordance with the requirements of total defense. In case of total defense - in emergency and military situations - they play an important role, largely related to critical infrastructure and engineering preparations for the defense of the territory of Georgia.

Key words: Military engineer; preparation of operations area; synthesis of the country's engineering resources; total defense.

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

В условиях единого и дефицитного инженерного потенциала, восстановления объектов общего гражданско-военного значения – Кодорского ущелья

Муртаз Гуджеджани Департамент гражданского и промышленного строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: nav.qutaisi@gmail.com

Рецензенты:

Э. Медзмариашвили, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

Т. Шубладзе, главный научный сотрудник Института специальных систем сооружений и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлен теоретический и практический пример эффективного управления и использования грузинских гражданских и военных инженерных ресурсов. Система обороны государства сложна. Непредсказуемые процессы, ведение современных войн, боевых действий, сражений и характер отдельных операций, формы и содержание их обнаружения, территориальная среда и, что самое важное, угрозы, создаваемые строгими и необходимыми требованиями, составляют совместную и совмещенную операцию гражданского и военного компонентов. Четко определенные роли, функции и задачи.

В статье «В условиях единого и дефицитного инженерного потенциала, восстановления объектов общего гражданско-военного значения - Кодорского ущелья» приведены примеры и структура совместного проектирования, полностью соответствующие возможностям создания искусственной среды в соответствии с требованиями тотальной обороны. И в случае тотальной обороны - в чрезвычайных и военных ситуациях играют важную роль, в значительной степени связанные с критической инфраструктурой и инженерными приготовлениями для защиты территории Грузии.

Ключевые слова: военный инженер; подготовка района боевых действий; синтез инженерных ресурсов страны; тотальная оборона.

განხილვის თარიღი 25.05.2019

შემოსვლის თარიღი 08.06.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-97-103>

სამხედრო მეცნიერების ზოგიერთი პრიორიტეტი საქართველოში

- მურთაზ გუჯეჯიანი** აგული სოხადის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: nav.qutaisi@gmail.com
- დავით მაისურაძე** აგული სოხადის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com
- ირაკლი ბუიშვილი** აგული სოხადის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

რეცენზენტები:

ე. მეძმარიაშვილი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

თ. შუბლაძე, სტუ-ის ნაგებობების სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

ანოტაცია. თანამედროვე სამხედრო ხელოვნებაში პერსპექტიულად წარმოიჩინდა ქსელურ-ცენტრული ომის თეორია, რომელიც თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების ხაზზეა აგებული. სტატიაში განხილულია სამხედრო მეცნიერება და მისი პრიორიტეტები საქართველოში. ყურადღება გამახვილებულია სამხედრო ორგანიზაციის შემადგენელი ელემენტების და მათი ურთიერთპარმო-

ნიულობის აუცილებლობაზე, ხაზგასმით, დეტალურადაა აღწერილი სამხედრო მეცნიერების როლი ქვეყნის თავდაცვის ძალების განვითარებაში. წარმოდგენილია სამხედრო ისტორიის როლი საქართველოს სამხედრო ხელოვნების თეორიის განვითარებაში, მიუხედავად იმისა, რომ იგი თითქმის ბოლო სამი საუკუნე იყო რუსეთის იმპერიის შედგენილობაში. ამ ფონზე სტატიაში კლასიფიცირებულია საქართველოს სამხედრო ორგანიზაციის ძირ-

თადი პრიორიტეტები, რომელთა შორის შედარებით ვრცლად განხილულია გასატარებელი ღონისძიებები რომელებიც ეხება თანამედროვე ომებს, ასევე უახლესი მეთოდის ქსელურ-ცენტრული ომების კვლევას და მისი გარკვეული ელემენტების რეალიზაციას საქართველოში ქვეყნის შესაძლებლობიდან გამომდინარე; ქსელურ-ცენტრული ომების ის მიმართულებები, რომლებიც მოცემულ ეტაპზე რეალიზებულია საქართველოს შეიარაღებულ ძალებში. სტატიაში ასევე წარმოდგენილია ქართველი სამხედრო მეცნიერების ბოლო პერიოდის ზოგიერთი კვლევა და სამუშაო.

საკვანძო სიტყვები: აღმოჩენა; განადგურება; გარჩევა; დამიზნება; ომის თეატრი; თავდაცვითი თემატიკა; მართვის სისტემები; საინჟინრო უზრუნველყოფა; სამხედრო ისტორია; სამხედრო მოღვაწეობა; სამხედრო ორგანიზაცია; ქსელურ-ცენტრული ომი.

შესავალი

საქართველოს სამხედრო ორგანიზაციაში, რომელიც სამხედრო მოღვაწეობით ახორციელებს ქვეყნის თავდაცვას, სამხედრო დარგის მეცნიერები და თავდაცვის თემატიკაზე მომუშავე სპეციალისტები, სამხედრო ინტელიგენციის სახით შედიან მესამე ჯგუფში. რაც შეეხება პირველ და მეორე ჯგუფებს, მათში შესაბამისად შედის სამხედრო ფორმირებები და სახელმწიფო სამხედრო მოღვაწეები [1].

ასეთი სტრუქტურით სამხედრო ორგანიზაციაში სამხედრო მოღვაწეებისა, რომელიც ცნობილია სამხედრო თეორიაში, დემოკრატიულ სახელმწიფოში მოითხოვს ზემოთ აღნიშნული ჯგუფების

ჰარმონიულ შეთავსებას. სხვა შემთხვევაში ქვეყანაში შესაძლოა მხოლოდ სამხედრო ფორმირებების არაკანონზომიერი გაზრდით, წარმოიქმნას ბუნტის წინაპირობები; მხოლოდ სამხედრო პოლიტიკური მოღვაწეების დომინირებით სახელმწიფო ავლენს სამხედრო ამბიციებს და მას არ გააჩნია საფუძველი ძლიერი შეიარაღებული ძალების სახით; მხოლოდ სამხედრო ინტელიგენციის გააქტიურება და წარმოჩენა სახელმწიფოს ამყოფებს სამხედრო რომანტიზმის პირობებში.

ამდენად, სამხედრო მეცნიერების კვლევის და დასკვნების საგანი უნდა გახდეს ქვეყნის სამხედრო ორგანიზაციის სწორი სტრუქტურითა და მისი მიზანდასახული და მიზანმიმართული ქმედებების კრიტერიუმების და ფორმების განსაზღვრა.

ძირითადი ნაწილი

სამხედრო ორგანიზაციის სწორი სტრუქტურითა და მისი მიზანდასახული და მიზანმიმართული ქმედებების კრიტერიუმების და ფორმების განსაზღვრა განასხვავებს სამხედრო მეცნიერებას კარგად ცნობილი თავდაცვითი თემატიკისაგან, რომლის პროფესიონალები ამ შეხვედრაზე და მთლიანად საქართველოში ჯერ კიდევ არიან. მათი ეფექტური ამოქმედება მეტად მნიშვნელოვანი იქნება სამხედრო ტექნიკის და ტექნოლოგიების დარგში. ამის ნიშნები ბოლო წლებში, შეიძლება ითქვას, რომ იგრძნობა, მაგრამ მისი ტემპი, ინტენსიურობა და, რაც მთავარია, დაგეგმვა, ორიენტაცია და მეცნიერების ორგანიზაცია ჯერ კიდევ შორს არის თანამედროვე დემოკრატიული საქართველოს სახელმწიფო მოთხოვნებისაგან. აქ მთავარია მეცნიერთა კვლევების საბოლოო შედეგის ზუსტი განსაზღვრა,

კონკრეტული გარემოს შექმნა, საერთაშორისო კო-ოპერაცია და სამხედრო ბაზრის მოთხოვნების დაკმაყოფილება.

სულ სხვა მდგომარეობაა სამხედრო მეცნიერებაში, რომელიც შეიარაღებული ბრძოლის ზოგადი კანონზომიერების გარდა იკვლევს სამხედრო სტრატეგიას, ოპერატიულ ხელოვნებას, ტაქტიკას, სამხედრო ეკონომიკას, საბრძოლო მომზადებას, სწავლებას, სამხედრო დაზვერვას და სხვა მრავალ საკითხს, რომელთა შორის ერთ-ერთი გამორჩეულია სამხედრო ისტორია, რომელიც შედგება ორი ნაწილისგან – ომების ისტორიისა და სამხედრო ხელოვნების ისტორიისაგან.

ზოგჯერ მკვლევართა მიერ, შეუცნობლადაც, ყველაზე უფრო წარმოჩენილი ქართულ სამხედრო მეცნიერებაში არის სამხედრო ისტორია. ამას ქვეყნის ისტორიული წარსული და ქართველ მეცნიერთა მაღალი დონე განსაზღვრავს. შეიძლება ითქვას, რომ ამ დარგში ქართველ მეცნიერებს შეუძლიათ კიდევ უფრო წარმოაჩინონ ქვეყანა საერთაშორისო არენაზე, მითუმეტეს, რომ ძალიან გამწვავებულია პრობლემები, რომლებიც უკავშირდება საქართველოს ტერიტორიის სტრატეგიულ ანალიზს გეოპოლიტიკური კატეგორიების მიხედვით.

სამხედრო მეცნიერება, საქართველოს ისტორიიდან გამომდინარე, ბოლო 250 წელია პრაქტიკულად არ ვითარდებოდა, რადგანაც ამ დარგში პრივილეგირებულად და დამკანონებლად იმპერიის ცენტრი გამოდიოდა. არადა ეს ის 250 წელია, როდესაც პრაქტიკულად მომზადდა და შეიქმნა თანამედროვე სამხედრო მეცნიერება და ხელოვნება, განისაზღვრა მისი ცნებები და დადგინდა ტერმინები.

ამას ემატება გარკვეული რიდი ქართველი სამხედრო მკვლევრებისა შეეჭიდონ ისეთი პრობლემების დამუშავებას, რომლებიც მოიცავენ ასიმეტრიულ ომებს, ჰიბრიდულ ომებს, სუროგატულ ომებს და მათი წარმოების ძირითად მეთოდებს – არაპირდაპირი მოქმედებების სტრატეგიას და პირდაპირი მოქმედებების სტრატეგიას, რომელიც ასევე მოიცავს ბოლო თაობის საინფორმაციო დაპირისპირებას და კიბერშეტევებს [2].

სამხედრო მეცნიერების მხრივ, მთავარია თანამედროვე ომის წარმოების უახლესი მეთოდის – ქსელურ-ცენტრული ომების კვლევა, რომლის გარკვეული ელემენტების რეალიზება საქართველოში სრულიად შესაძლებელია იქიდან გამომდინარე, რომ არსებობს მათემატიკური მოდელირების ძლიერი სკოლა და მართვის სისტემების მრავალი სამეცნიერო ცენტრი. თუნდაც შესწავლა და დამუშავება ციკლისა – აღმოჩენა, გარჩევა, დამიზნება და განადგურება – დიდი ეფექტის მომტანი იქნება საქართველოს შეიარაღებული ძალების საბრძოლო მოქმედებებში.

საქართველომ და უპირველესად საქართველოს თავდაცვის ძალებმა, თუნდაც ქართველი მეცნიერების უშუალო მონაწილეობით, თავის სისტემაში უნდა დანერგოს მაღალეფექტური, თანამედროვე საინფორმაციო-ტექნოლოგიური კომპლექსი, რომელიც:

- I. უზრუნველყოფს ოპერატიული ინფორმაციის მოპოვებას;
- II. დროის რეალურ მასშტაბში უზრუნველყოფს სისტემაში ინფორმაციის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სქემით საიმედო და მოწინააღმდეგისათვის მიუწვდომელ გადაცემას;

III. ერთიან ინფორმაციულ სივრცეში, მართვის სისტემებზე დაყრდნობით მიიღოს საბრძოლო გადაწყვეტილება და დროის რეალურ მასშტაბში მოწინააღმდეგისაგან დაცულად, დაიყვანოს შემსრულებლებამდე;

IV. მინიმუმამდე დაიყვანოს აღნიშნული ციკლის – “აღმოჩენა – გარჩევა – დამიზნება – განადგურება” შესრულების დროის ხანგრძლივობა;

V. საინფორმაციო-კომუტაციური უკუკავშირით უნდა ხდებოდეს დადასტურება საბრძოლო დავალებების შესრულების შესახებ.

სხვა მრავალ მიზეზთან ერთად, სწორედ აქ ჩამოთვლილი კომპლექსის არარსებობა იყო მიზეზი იმისა, რომ საქართველომ ვერ აწარმოვა შემაკავებელი, ხანმოკლე, თავდაცვითი ოპერაციები რუსეთ-საქართველოს 2008 წლის ომში, რამაც განსაკუთრებით გაართულა ქვეყნის საომარი თეატრის საერთო სურათი. ტერიტორიების მიტაცების შედეგად მოწინააღმდეგე მხარემ შემოაღწია საქართველოს საკომუნიკაციო ზონაში, რამაც გამოიწვია ოპერატიულ-სტრატეგიული ცვლილებები საქართველოს შეიარაღებული ძალების სტრატეგიული გაშლის, ოპერატიული გაშლის და ოპერატიული მოწყობის მხრივ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოს სამხედრო ორგანიზაციის და უპირატესად თავდაცვის ძალების უპირველესი ამოცანაა, სამხედრო მეცნიერების ინტენსიური და ეფექტური მონაწილეობით, საქართველოს საომარი თეატრის ომისათვის მომზადების თეორიული პრინციპების ჩამოყალიბება და მისი პრაქტიკული რეალიზაცია.

საომარი მოქმედებების თეატრის მომზადება ომისთვის არის ორგანიზაციული, ტექნიკური, საინჟინრო და სხვა ღონისძიებების სისტემა, რომელიც

საომარი მოქმედებების თეატრზე ხორციელდება ომში შეიარაღებული ძალების ორგანიზებული ჩაბმის უზრუნველყოფისა და საომარი მოქმედებების წარმატებით წარმოების მიზნით. ასევე, არის თავდაცვისათვის ქვეყნის ტერიტორიის მომზადების საერთო-სახელმწიფოებრივი ღონისძიებების შემადგენელი ნაწილი [3].

პარალელურად, ასევე მეცნიერული წანამძღვრებით, უნდა დამუშავდეს საბრძოლო მოქმედებების და ოპერაციების საინჟინრო უზრუნველყოფა, რომელსაც ბოლო პერიოდში განსაკუთრებით მასშტაბურად ემატება ბუნებრივი და ხელოვნური ექსტრემალური ვითარებების საინჟინრო უზრუნველყოფაც, რომელშიც ასევე აქტიურად მონაწილეობენ საინჟინრო ნაწილები.

მიუხედავად იმისა, რომ სამხედრო მეცნიერების განვითარება საქართველოში ეს-ეს არის დაიწყო. ამ მხრივ:

- შეიქმნა საქართველოს პირობებზე გათვლილი სახელმძღვანელოები:
 - “საქართველოს სამხედრო-საინჟინრო დოქტრინის საფუძვლები”;
 - “ბრძოლებისა და ოპერაციების სამხედრო-საინჟინრო უზრუნველყოფა”.
- საზღვარგარეთ და საქართველოში გამოიცა მონოგრაფიები:
 - “Novel approach to indirect of military theory”. 2011. Munich. GRIN. 94p.
 - “ახალი მიდგომები სამხედრო თეორიის საკითხებისადმი”.
- დამუშავდა საქართველოს სამგანზომილებიანი სამხედრო-საინჟინრო ციფრული რუკა, მასშტაბით 1 : 200 000.

- საზღვარგარეთთან თანამშრომლობით შეიქმნა საქართველოს განსაკუთრებული მნიშვნელობის ოპერატიული ტერიტორიების, მაღალი სიზუსტის კოსმოსური გადაღებების მასალების ციფრული ბანკი.
 - დამუშავდა საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული სამხედრო-საინჟინრო ობიექტების კატალოგი.
 - დაპროექტდა და დამზადდა ინვენტარული სწრაფად ასაგები, გასაშლელი, 48 მ. სიგრძის სამხედრო ხიდი, რომელიც გამოიყენებოდა სამხედრო სწავლებებში, მანევრებსა და სამოქალაქო ექსტრემალურ ვითარებებში.
 - დაპროექტდა და დასამზადებლად მზად არის ტანკ T-72-ზე დასამონტაჟებლად გათვლილი ამერიკული ტიპის საიერიშო ხიდი. მისი გაშლა გადასალახ დაბრკოლებაზე ხორციელდება 2–3 წუთში, ეკიპაჟის ტანკიდან გადმოუსვლელად. ფორსირების ოპერაციის დროს პროცედურა ტარდება მოწინააღმდეგის საცეცხლე ზემოქმედების პირობებში.
 - გამოიცა პირველი ქართული სამხედრო ენციკლოპედიური ლექსიკონი.
 - 2014 წელს, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში პირველად ამოქმედდა სადოქტორო პროგრამა სამხედრო მეცნიერების დარგში დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.
- ასე რომ, საქართველოში სამხედრო მეცნიერების დაწყება ინერციული პროცესია და იოლი არ იქნება მისთვის დიდი სიჩქარის მინიჭება. სამხედრო მეცნიერებამ თავისი წვლილი უნდა შეიტანოს სახელმწიფოს სამხედრო აღმშენებლობის და თავდაცვის ძალების გაძლიერების საქვეყნო საქმეში.

ამასთან დაკავშირებით ერთი, არცთუ უმნიშვნელო, საკითხის წინა პლანზე წამოწევაა საჭირო. სამხედრო მეცნიერების და ხელოვნების დარგში, დისერტაციის დაცვის შემთხვევაში, ზოგ ქვეყანაში პირს ენიჭება სამხედრო მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხი, ხოლო ზოგში – სამხედრო ექსპერტის წოდება. ჩვენთან, საქართველოში, სამხედრო ექსპერტად იწოდება პირი, რომელსაც ხშირად ამის დადასტურება არ შეუძლია. სამხედრო ექსპერტად წოდებული ზოგიერთი პირი სხვადასხვა ჯგუფის და პოლიტიკური პარტიის გადმოსახედიდან საუბრობს მასობრივი ინფორმაციის საშუალებებში. აუცილებელია კორექტირება მოხდეს მათ გამოსვლებში და სტატიებში. ამასთან, არც მათი შეზღუდვა იქნებოდა დემოკრატიული პრინციპებისადმი ერთგულება, მაგრამ სამხედრო ოფიცრები და მეცნიერები გრძობენ ბევრი მათგანის არაპროფესიულ მსჯელობებს და ცდილობენ გარკვეული ფორმით, თუნდაც სწავლების პროცესის ორგანიზებით, საექსპერტო დონის გარკვეულ ამაღლებას.

დასკვნა

ამდენად, სამხედრო მოღვაწეობის ძირითადი მიზანი უნდა გახდეს საქართველოში საომარი მოქმედებების ერთიანი და უწყვეტი სივრცის შექმნა, რომელიც მოითხოვს რეალიზებას პრინციპისა – ცენტრალიზებულ ხელმძღვანელობას საბრძოლო მოქმედებების დროს, დამყარებულს სამხედრო ორგანიზაციის, პასუხისმგებლობის, მართვის და უზრუნველყოფის ერთობლიობაზე, მაგრამ ამის შესრულება სამხედრო მეცნიერების გარეშე შეუძლებელი იქნება.

ლიტერატურა

1. Medzmariashvili E. Novel approach to indirect actions of military theory. Munich. 2011.
 2. Military encyclopedic dictionary of Georgia. Tbilisi. 2017. (In Georgian).
 3. Medzmariashvili E. Fundamentals of Georgian military engineering doctrine. Tbilisi. 2006. (in Georgian).
-

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

Some priorities of military science in Georgia

Murtaz Gujejiani	Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68b M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: nav.qutaisi@gmail.com
Davit Maisuradze	Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68b M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com
Irakli Buishvili	Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68b M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

Reviewers:

E. Medzmariashvili, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

T. Shubladze, Chief Scientific Researcher, Institute of Constructions, Special Systems and Engineering Provision, GTU

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Abstract. The article considers the field of military science as one of the most important priority areas of Georgia and describes its role in the development of the country's self-defense forces. Great attention is paid to the issues of harmonic actions of military science component as well. The role of military history in the development of military art theory is described, despite the fact that Georgia was a part of the Russian Empire during the last three centuries.

The article classifies priorities in the organization of military development, deeply considers the issues of carrying out the measures necessary for the modern warfare, as well as the modern method for the study of network centric war, based on the capabilities of the country. Special attention is paid to the directions of network centric wars realised in the Georgian armed forces.

Herewith the article deals with the researches and works of the last period of Georgian military science.

Key words: Aiming; military organization; control systems; destruction; detection; distinguishing; engineer support; military activity; military history; network centric war; self-defense topics; war theater.

UDC 355/359
SCOPUS CODE 2205

Определенные приоритеты военной науки Грузии

- Муртаз Гуджеджиани** Департамент гражданского и промышленного строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: nav.qutaisi@gmail.com
- Давид Майсурадзе** Департамент гражданского и промышленного строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com
- Иракли Буишвили** Департамент гражданского и промышленного строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

Рецензенты:

Э. Медзмариашвили, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

Т. Шубладзе, главный научный сотрудник Института специальных систем сооружений и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена область военной науки, как одно из важнейших приоритетных направлений Грузии и описана её роль в развитии сил самообороны страны. Также уделено большое внимание вопросам взаимодействия составных направлений военной науки. Описана роль военной истории в развитии теории военного искусства, несмотря на тот факт, что на протяжении трех столетий Грузия находилась в составе Российской империи.

На этом фоне в статье классифицированы приоритеты в организации военного развития, глубоко рассмотрены вопросы проведения мероприятий, необходимых для ведения современных войн, а также современного метода исследования сетцентрических войн, исходя из возможностей страны. Особое внимание уделено тем направлениям сетцентрических войн, которые были реализованы в силах самообороны Грузии.

Вместе с этим в статье представлены исследования и работы представителей грузинской военной науки.

Ключевые слова: военная деятельность; военная история; выявление; инженерное обеспечение; организация в военной сфере; прицеливание; различие; сетцентрическая война; системы управления; театр войны; тематика самообороны.

განხილვის თარიღი 25.05.2019

შემოსვლის თარიღი 08.06.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 624.042

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-104-109>

О реализации одной модели вертикального сейсмического воздействия

- Серго Эсадзе** Департамент промышленного и гражданского строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68⁶
E-mail: s_esadze@gtu.ge
- Тамар Эсадзе** Департамент промышленного и гражданского строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68⁶
E-mail: t.esadze@gtu.ge
- Торнике Мамаладзе** Департамент промышленного и гражданского строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68⁶
E-mail: tornike.mamaladze1994@gmail.com

Рецензенты:

Л. Кахиани, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: L.kakhiani@gtu.ge

Д. Табатадзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: Demuritabatadze@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вертикальные сейсмические колебания консольных конструкций, которые являются частями рамного каркаса и имеют большой вылет. По всем существующим нормам по сейсмостойкости консоли должны быть рассчитаны на вертикальную сейсмическую нагрузку. В статье даётся реализация метода предложенного авторами, предусматривающего нормативный расчёт консоли на вертикальную сейсмическую нагрузку с учётом влияния статически нагруженных сопредельных конструкций. Рассмотрено реализация метода для двух значений соотношений характеризующих параметров предложенной расчётной модели – жёсткости сопредельной колонны и жёсткости введённого

элемента, создающего начальное нагружение в колонне. Полученные значения расчётных сейсмических нагрузок рассмотрены в сравнении с нормативным значением этой же нагрузки, полученной без учёта особенностей предложенной модели.

Ключевые слова: консоль; вертикальное ускорение; сейсмическая нагрузка.

Введение

Разрушительное влияние вертикального составляющего сейсмического ускорения основания на конструктивную систему и/или элементы зданий и

сооружений, особенно в эпицентральной зоне землетрясения подтверждается последствиями сильных землетрясений. Наиболее наглядный пример последних, землетрясения Нортридж в 1994 году в США и Кобе в 1995 году в Японии. Отмеченным объясняются требования норм всех стран расположенных в сейсмоактивных регионах [1,2,3,4], включая Еврокод [5], об учёте вертикального сейсмического ускорения для определённых конструктивных элементов зданий и сооружений. Одним из таких элементов являются горизонтальные и/или наклонные консоли для создания расчётных моделей которых предложены те же принципы, что и для расчёта на горизонтальные ускорения – стержневая система с сосредоточенными массами.

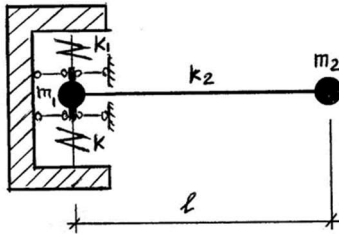


Рис. 1. Расчётная модель

Основная часть

В работе [6] дана расчётная модель для определения нормативной вертикальной нагрузки действующей на консоли большого вылета (5м и более) плоской рамы являющегося несущей частью рамного каркаса. Модель основана на положении [6], допускающем принятие в виде расчётной модели рассматриваемого конструктивного элемента и сопредельных конструктивных элементов, влияющих на его работу. С учётом всей совокупности особенностей свойственной рассматриваемой нами системе, расчётная модель (рис. 1) характеризуется совокупностью следующих параметров: k – жёсткость сопредельной несущей колонны, k_1 – коэффициент, учитывающий предварительное статическое нагружение колонны, k_2 – жёсткость самой колонны. Для динамических характеристик системы имеем:

- для частот

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{k_2}{m_2} + \frac{k+k_1+k_2}{m_1} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{k_2}{m_2} + \frac{k+k_1+k_2}{m_1} \right)^2 - \frac{4k_2(k+k_1)}{m_1 m_2}} \right] \quad (1)$$

- для форм колебаний

$$\begin{aligned} (m_1 \omega^2 - k - k_1 - k_2) A_{11} + K_2 A_{21} &= 0 \\ K_2 A_{12} + (m_2 \omega^2 - K_2) A_{22} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Для реализации данной модели, т.е. для определения вертикальной сейсмической нагрузки на консоли по нормативной методике, но с учётом предложенной нами модели, определяющими являются соотношения перечисленных выше параметров – жёсткостей и масс. Ниже даны несколько этих реальных соотношений и соответствующие им нормативные сейсмические нагрузки в сравнении с той же нагрузкой, определённой по нормативной методике, только без учёта особенностей предложенной модели.

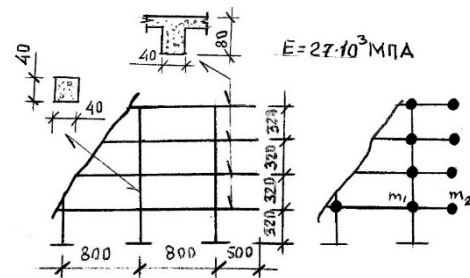


Рис. 2. Данные для расчёта

На рисунке 2 фрагмент рамы с консолями с большим вылетом (5м) с геометрическими и инерционными показателями. Чтобы при начальном возмущении системы появилось продольное усилие в сопредельной к консоли колонне, а система колебалась не симметрично относительно горизонтальной оси, значение должно быть в пределах $0 < k_1 < k$ вместе с этим значения k_1 берём в пределах $(k/k_1) = 1,25 \dots 1,60$.

$(k/k_1) = 1,25$, $m_1 = 23,12 \cdot 10^3$ кг, $m_2 = 21,1 \cdot 10^3$ кг Для динамических характеристик системы будем иметь (таблица 1):

Таблица 1

ნ/მ	ნ/მ	ნ/მ	რად/ს	ს	რად/ს	ს				
1,35	1,08	0,006	16,8	0,4	324,6	0,02	1	404,9	1	-0,0027

$(k/k_1) = 1,6$, $m_1 = 23,12 \cdot 10^3$ კგ, $m_2 = 21,1 \cdot 10^3$ კგ. Для динамических характеристик системы будем иметь (таблица 2):

таблица 2

ნ/მ	ნ/მ	ნ/მ	რად/ს	ს	რად/ს	ს				
1,35	0,84	0,006	16,8	0,4	308,5	0,02	1	365,6	1	-0,003

Для значения коэффициента формы определённых согласно выражению

$$\eta_{ik} = \frac{A_{ik} \sum_{j=1}^2 Q_j A_{ij}^2}{\sum_{j=1}^2 Q_j A_{ij}^2} \quad (i, k = 1, 2) \quad (3)$$

Будем иметь (таблица 3)

Таблица 3

	Для I формы колебания		Для II формы колебания	
Те же значения масс	0,0023	0,931	1	-0,0027
Те же значения масс	0,0027	0,987	1	-0,003

Определяем сейсмические нагрузки в точках сосредоточения масс m_1 и m_2 соответственно

$$S_{ik} = K_1 K_2 K_3 Q_k A \beta_i K_0 K_\psi \quad (i, k = 1, 2) \quad (4)$$

по первой и второй форме колебаний, по формуле (4) при значениях коэффициентов $K_2 = K_3 = K_0 = K_\psi = 1$; $K_1 = 0,5$; $A = 0,17$; $\beta = 2,5$ [1,7] и исходя из цели нашей задачи, суммируем сейсмические силы (а не вызванные им усилия) [8] по двум формам колебаний. Окончательно получаем следующие значения сейсмических нагрузок приложенных в точках сосредоточения масс m_1 и m_2 :

- для $(k/k_1) = 1,25$ $S_1 = 4,93 \cdot 10^3$ н и $S_2 = 43,87 \cdot 10^3$ н;
- для $(k/k_1) = 1,6$ $S_1 = 5,08 \cdot 10^3$ н и $S_2 = 47,15 \cdot 10^3$ н.

Сейсмические нагрузки в точке сосредоточения массы определённая по нормативной методике, т.е. как для системы с одной степенью свободы с жёстким защемлением, без наших предположений и для тех же коэффициентов из уравнения (4) будут равняться $S = 44,8 \cdot 10^3$ н.

Заклучение

Как видим, для соотношения $(k/k_1) = 1,25$ значения сейсмических нагрузок в точке сосредоточения массы m_2 фактически совпадают, а для соотношения $(k/k_1) = 1,6$ отличия составляет 5% от значения,

полученного по нашей методике. Сейсмическая нагрузка в точке сосредоточения массы незначительна.

Нами рассматривалось только два соотношения для характеризующих параметров системы. В даль-

нейшем для рассматриваемого конструктивного решения нами будут получены значения сейсмических нагрузок, полученных на основе статистической обработки полученных результатов для разных соотношении всех характеризующих систему параметров.

Литერატურა

1. Pn 01.01-9 Construction norms and rules - "Earthquake Engineering". Tbilisi, 2010. (In Georgian).
2. Standard ASCE/SEI 7-10: Minimum design loads for buildings and other structure. 2013, 408 p.
3. SP 14.13330.2014. Construction in seismic regions. SNiP - II-7-81 * . M., 2013, 126 p. (in Russian).
4. Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings ‘Standard 2800’. BHRC Publication. N5-465 1st part. 2007, 94 p.
5. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1. EN 1998-1. 2004, 231 p.
6. Esadze S., Esadze T. Vertical seismic loads on cantilevers. Proceedings of the 2nd international symposium on seismic stability and engineering. 2019, 61 – 65 pp. (in Russian).
7. Birbraer A. Calculation of structures for earthquake resistance. SPb.: “Nauka”. 1998, 225 p. (in Russian).
8. Korchinsky I.L. Earthquake resistant building construction. Moscow: “Vysshaya shkola”. 1971. (In Russian).

UDC 624.042
SCOPUS CODE 2205

ვერტიკალური სეისმური ზემოქმედების ერთი მოდელის რეალიზაციის შესახებ

- სერგო ესაძე** აგული სოხაძის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: s_esadze@gtu.ge
- თამარ ესაძე** აგული სოხაძის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: t.esadze@gtu.ge
- თორნიკე მამალაძე** აგული სოხაძის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: tornike.mamaladze1994@gmail.com

რეცენზენტები:

ლ. კახიანი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: L.kakhiani@gtu.ge

დ. ტაბატაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: Demuribatadze@gmail.com

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია ვერტიკალური სეისმური ვიბრაცია, კონსოლური სტრუქტურებისა, რომლებიც ჩარჩოს ნაწილებია და აქვთ დიდი გადახურვა. მიწისძვრისადმი მდგრადობის ყველა არსებული სტანდარტის მიხედვით, კონსოლები უნდა იყოს გათვლილი ვერტიკალური სეისმური დატვირთვისთვის. სტატიაში მოცემულია ავტორების მიერ შემოთავაზებული მეთოდის განხორციელება, რომელიც ითვალისწინებს კონსოლის სტანდარტულ გაანგარიშებას ვერტიკალურ სეისმურ დატვირთვაზე, სტატიკურად დატვირთული მიმდებარე სტრუქტურების გავლენის გათვალისწინებით. გათვალისწინებულია შემოთავაზებული გაანგარიშების მოდელის დამახასიათებელი პარამეტრების თანაფარდობის ორი მნიშვნელობის მეთოდის განხორციელება – მიმდებარე სვეტის სიმტკიცე და შესავალი ელემენტის სიმტკიცე, რომელიც ქმნის სვეტში საწყის დატვირთვას. გაანგარიშებული სეისმური დატვირთვის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები განიხილება ამავე დატვირთვის სტანდარტული მნიშვნელობის გათვალისწინებით, შემოთავაზებული მოდელის მახასიათებლების გათვალისწინების გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: ვერტიკალური დაჩქარება; კონსოლური; სეისმური დატვირთვა.

UDC 6

SCOPUS CODE 2205

On the implementation of one model of vertical seismic load

- Sergo Esadze** Aguli Sokhadze Department of Civil and Industrial Engineering, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: s_esadze@gtu.ge
- Tamar Esadze** Aguli Sokhadze Department of Civil and Industrial Engineering, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.esadze@gtu.ge
- Tornike Mamaladze** Aguli Sokhadze Department of Civil and Industrial Engineering, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tornike.mamaladze1994@gmail.com

Reviewers:

- L. Kakhiani**, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU
E-mail: L.kakhiani@gtu.ge
- D. Tabatadze**, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU
E-mail: Demuritabatadze@gmail.com

Abstract. The article discusses the vertical seismic vibration of cantilever structures that are part of the frame and have a large overlap. By all existing standards of earthquake resistance, consoles must be designed for vertical seismic loading. The article discusses the implementation of the method proposed by the authors, which provides the standard calculation of the console on the vertical seismic load, taking into account the impact of statistically loaded surrounding structures. It is envisaged to implement two methods of ratio of the characteristic parameters of the proposed calculation model - the strength of the adjacent column and the strength of the input element, which creates the initial load in the column. The values obtained as a result of the calculated seismic load are considered in comparison with the standard value of the same load received without taking into account the characteristics of the proposed model.

Key words: Cantilever; seismic load; vertical acceleration.

Дата рассмотрения 24.02.2019

Дата поступления 04.03.2019

Подписано к печати 08.07.2020

UDC 629.111.35

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-110-116>

Force analysis of stair climber's running gear

David Tavkhelidze Department of Agro-engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili str, 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge

Zurab Mchedlishvili Department of Engineering Graphics and Technical Mechanics, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str. 0160
E-mail: zurab.mch@mail.ru

Reviewers:

G. Goletiani, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: gia_goletiani@yahoo.com

T. Mchedlishvili, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: t.mchedlishvili@gtu.ge

Abstract. The article refers to the determination of main physical parameters of running gear of invented stair climber platform for different purposes, in particular the mentioned platform is intended to be used for a disabled person. In order to improve stability of the platform a new lever mechanism is offered in the paper, providing smooth transition of the machine from inclined to the plane parts of staircase. The article considers kinematic and force analysis of the proposed mechanical system in order to determine appropriate constructive parameters.

Key words: Kinematics; lever mechanism; stair climber; stiffness of lever mechanism.

Introduction

To provide a disable person with the facilities to overcome such obstacles as stairs, there has been

invented stair climber with original scheme of frame at Georgian Technical University. The mentioned machine is depicted on the Fig 1.



Fig.1 The pilot model of stair climber

As shown in the figure, the mechanical system comprises of the frame and different mechanical systems with actuators and executive mechanisms. However, one of common problems characterising almost each such kind of machine is the moment when machine overcomes the last step of staircase, continuing movement on stair platform. This transition process is

happening at the moment when the machine is passing its centre of gravity, which is occurring with sudden landing of the device on a flat surface of stair platform. The described process negatively influences on the dynamic stability of the device and safe operation of the machine and also puts obstacles in the way of usage of the device by disable persons independently.

Main part

1. The kinematic scheme of the mechanism

The given mechanical system consists of different types of bars and construction elements with various types of junctions of adjacent links. For the purpose of proper design of multilink mechanical systems, it is necessary to determine stiffness parameters of the bar taking into account movement of the machine on stairs.

Fig. 2 presents the scheme of the movable platform with multi-bar mechanism that would sensitively improve device's movement on stairs, softening described transition movement. Therefore disable persons can use the device without any assistants. The given platform contains the following main parts: 1. Rubber toothed track; 2. Hydraulic actuator for inclination of holder of backrest of wheel chair; 3,10. Driven wheels; 4. Rocker of right part of lever mechanism; 5. Springs and pusher bar; 6. Lock of back of wheel chair 7. Side frame that supports all parts of the machine; 8. Rocker of left part of lever mechanism; 9. Mechanism for inclination of holder of backrest of wheel chair 11. Driving wheel; 12. Wheel chair; 13. Holder of backrest of wheel chair.

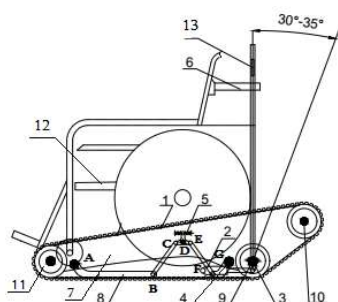


Fig.2 Scheme of the movable platform with multi-bar mechanism

2. Motion of stair climber

In order to set up the equation of uniform motion of the device, it is necessary to examine the position of the machine during its motion on stairs. Design diagrams of the said positions of the machine are given on the Fig. 3.

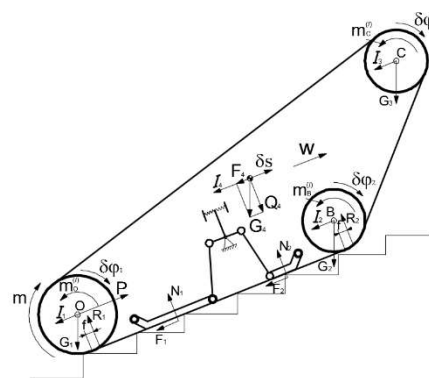


Fig. 3. Design diagram of climber during its motion on stairs.

During the climber movement there are generated different forces, which can be characterized as: F_1 and F_2 - slide friction forces acting at the touching place of the track with the edge of the step of the stair; N_1 and N_2 - forces of reaction acting on the AB and GF guides (see Fig. 4); G - the force of gravity. Herewith F and P are the constituents of the gravity force; M is the torque acting on the driving wheel, while m_o , m_b and m_c are the moments of the forces of friction that are acting between wheels and track; R_1 and R_2 - reaction forces functioning at the point of touching of driving and driven wheels with stair or floor.

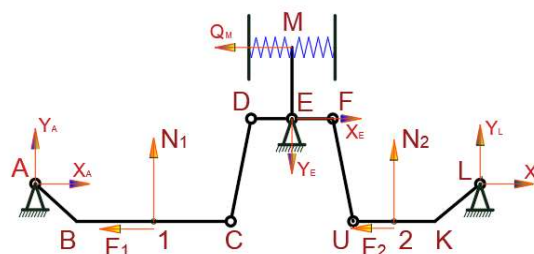


Fig.4. The design diagram of the mechanism for smooth transition of the transporter from last step of stairs to staircase.

In our case, in order to determine displacements of the given mechanism's links, we will use the method of possible displacements. According to this method, if we give the possible displacement to ABC linkage then the first point at which is modulated the force N_i will get the displacement:

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta s_1}{r_1}; \quad (1)$$

At the same time C point has the following possible displacement:

$$\delta s_2 = r_2 \cdot \delta\varphi_1. \quad (2)$$

As we see from mechanism's design diagram, CD linkage makes complex planar displacement, therefore its last points get possible displacements δs_2 and δs_3 . To find out relations in specified displacements we need to find CD linkage center's V point location.

From ABC and VCD triangles, we get $BCA=DVC$

C and D points possible displacement relation is:

$$\frac{\delta s_2}{\delta s_3} = \frac{|VC|}{|VD|} = \cos(\widehat{DVC}) = \cos \alpha \quad (3)$$

Where from

$$\delta s_3 = \frac{\delta s_2}{\cos \alpha} = \frac{r_2}{r_1 \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (4)$$

Based on design diagram, it is seen that E point, which is located on DF link, is fixed EM axis perpendicular to the mentioned link and is connected with springs (see Fig. 4) that is necessary for achieving equilibrium position of linkage. By the denoting the possible displacement δS_m of the M point, it can be determined from the following equalities:

$$\frac{\delta s_3}{r_3} = \frac{\delta S_M}{r_M} \quad (5)$$

$$\delta S_M = \frac{r_M}{r_3} \cdot \delta s_3 = \frac{r_M \cdot r_2}{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (6)$$

As seen from the Fig.4, the sections $|DE|=|EF|$ of the link DF. Therefore spring's possible displacement and F point's possible displacement are the correlations. This relation can be expressed by the following ratios:

$$\frac{\delta s_3}{r_3} = \frac{\delta s_4}{r_4}, \quad (7)$$

from where we will obtain:

$$\delta s_4 = \frac{r_4}{r_3} \cdot \delta s_3 = \frac{r_4 \cdot r_2}{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (8)$$

At the same time UF-link makes planar motion and that is why for determination of δs_5 – possible displacement we need to find by its instant center's Z location. In comparison with UKL and UZF triangles, we get $LKUL = LUFZ$ and it is possible to write down

$$\frac{\delta s_4}{\delta s_5} = \frac{|FZ|}{|UZ|} = \frac{1}{\cos \beta} \quad (9)$$

In case we take into account correlation between F and U points, then it will be possible to obtain possible displacement δs_5 , which can be determined as:

$$\delta s_5 = \delta s_4 \cdot \cos \beta = \frac{r_4 \cdot r_2 \cdot \cos \beta}{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (10)$$

And hence 2nd point's possible displacement can be obtained as following ratio:

$$\frac{\delta s_5}{r_5} = \frac{\delta s_6}{r_6} \quad (11)$$

On the basis of this ratio, it can be calculated δs_6 by the following formula:

$$\delta s_6 = \frac{r_6}{r_5} \cdot \delta s_5 = \frac{r_6 \cdot r_4 \cdot r_2 \cdot \cos \beta}{r_5 \cdot r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (12)$$

At the same time the key point of the linkage is displacement of point M, which predestinates smooth movement of the machine in case of its displacement from stairs to entryway and hence constructive parameters of linkage. In order to find M point's full displacement, it is necessary to use possible displacement principles for the determination of works done by forces of reactions rising during the motion. The system of equations that determines displacement of point M, can be written as:

$$N_1 \cdot \delta s_1 - N_2 \cdot \delta s_6 - c \cdot h \cdot \delta S_M = 0 \quad (13)$$

$$c \cdot h \cdot \delta S_M = N_1 \cdot \delta s_1 - N_2 \cdot \delta s_6$$

After setting the above relations in these equations, we obtain:

$$c \cdot h \cdot \frac{r_M \cdot r_2}{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 =$$

$$= N_1 \cdot \delta s_1 - N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot r_4 \cdot r_2 \cdot \cos \beta}{r_5 \cdot r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 \quad (14)$$

$$c \cdot h = N_1 \cdot \frac{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha}{r_M \cdot r_2} - N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot r_4 \cdot \cos \beta}{r_M \cdot r_5} \quad (15)$$

Based on the given equations, it's easy to calculate amount of squeezing or stretching of the springs by equation (16).

$$h = N_1 \cdot \frac{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha}{c \cdot r_M \cdot r_2} - N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot r_4 \cdot \cos \beta}{c \cdot r_M \cdot r_5} \quad (16)$$

In order to determine the structural parameters of the mechanism it is necessary to define values of reaction forces acting on A, E and L kinematic pairs, which are fixed on the frame of the machine. The forces of reactions are risen in these points, with unknown directions of acting and the volumes of these forces. In order to define such forces, it is the most convenience to operate with their components distributed on the axes of planar Cartesian systems fixed on the mentioned points of the frame. It means that we will operate with the following forces:

$$(X_A, Y_A), (X_E, Y_E), (X_L, Y_L).$$

For the determination of these reactions let's use possible displacement principle, for what, initially it is necessary to formulate the system of equations of works fulfilled by the forces of reactions acting on the ABC link. Let's write equation of works done during the possible displacement of point A along the X axis.

$$-F_1 \cdot \delta s_{AX} + X_A \cdot \delta s_{AX} = 0 \quad (17)$$

Here it is necessary to determine:

$$F_1 = X_A \quad (18)$$

In order to find out Y_A reaction force, let's give vertical possible displacement to A point and write the following equation:

$$N_1 \cdot \delta s_1 + Y_A \cdot \delta s_{AY} = 0 \quad (19)$$

Taking into account the following ratios:

$$\frac{\delta s_1}{|c1|} = \frac{\delta s_{AY}}{|CA|}, \delta s_{AY} = \frac{\delta s_1}{|c1|} \cdot |CA|,$$

The (19) can be written as:

$$N_1 \cdot \delta s_1 + Y_A \cdot \frac{|CA|}{|c1|} \delta s_1 = 0 \quad (20)$$

From where it is obtained:

$$Y_A = -N_1 \cdot \frac{|c1|}{|CA|} \quad (21)$$

The (21) shows that Y_A force is acting in opposite direction.

Let's formulate the analogue equations for UKL link. That's why we need to give possible displacement to L point relatively to X axis:

$$-F_2 \cdot \delta s_{6X} + X_L \cdot \delta s_{LX} = 0 \quad (22)$$

where: $\delta s_{6X} = \delta s_{LX}$

Taking into consideration the last equality, it can be written that:

$$X_L = F_2 \quad (23)$$

In order to find out Y_L reaction, it is necessary to give the vertical possible displacement to L point and formulate the following equation:

$$N_2 \cdot \delta s_6 + Y_L \cdot \delta s_{LY} = 0 \quad (24)$$

$$\text{Here: } \frac{\delta s_6}{|U2|} = \frac{\delta s_{LY}}{|UL|} \delta s_{LY} = \frac{\delta s_6}{|U2|} \cdot |UL| \quad (25)$$

From which we will get:

$$Y_L = -N_2 \cdot \frac{|U2|}{|UL|} \quad (26)$$

consequently Y_L force reaction gets opposite direction.

Eventually let's determine force of reactions operating in the point E, by which we give this point possible displacement to the direction consistently to X and Y axis. From the beginning we write:

$$N_1 \cdot \delta s_1 + N_2 \cdot \delta s_6 - Y_E \cdot \delta s_{EY} = 0 \quad (27)$$

To solve this equation it is necessary to express δs_6 and δs_{EY} possible displacements by δs_1 that allows to write down the following equation

$$N_1 \cdot \delta s_1 + N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot r_2 \cdot \cos \beta}{r_5 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 - Y_E \cdot \frac{r_2}{r_1 \cdot \cos \alpha} \cdot \delta s_1 = 0 \quad (28)$$

From here we will obtain:

$$Y_E = N_1 \cdot \frac{r_1 \cdot \cos \alpha}{r_2} + N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot \cos \beta}{r_5} \quad (29)$$

As it can be seen from Fig.4, there are no forces from other link to the DEFM link except spring's force acting along X axis, that is why reaction force that is operating in E kinematic pair equals to spring's reaction force with minus sign:

$$X_E = -c \cdot h = -N_1 \cdot \frac{r_3 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha}{r_M \cdot r_2} + N_2 \cdot \frac{r_6 \cdot r_4 \cdot \cos \beta}{r_M \cdot r_5} \quad (30)$$

So, all the reaction forces acting on the frame of the mechanism are determined and as a result all constructive parameters of the given mechanism can be defined.

Conclusion

As it was mentioned, the mechanism considered here can be used not only for machines assigned for transportation of handicap people, but also for any other machines with track drives.

Given calculation method allows to define constructive parameters of mentioned mechanism. The design diagram of mechanism is statically nondetermined and hence for the definition of necessary force factors acting on the mechanism and accordingly for the determination of mechanism's constructive characteristics it has been used the method of possible displacement, which gave good results and because of simplicity of obtained expressions this method can be used for the calculations of similar mechanical systems.

References

1. Targ S. M. A short course of theoretical mechanics: A textbook. 18th ed. M.: "Higher School". 2010. (in Russian).
2. Zienkevich O.C. The finite element method in engineering science. Mcgraw-Hill-London. 1971.
3. Markeev A.P. Theoretical mechanics. Izhevsk: "Regular and chaotic dynamics". 2001, 592 p. (in Russian).
4. Tavkhelidze D., Mchedlishvili Z. Geometry of five link mechanisms with two degrees of freedom. Journal of mathematical sciences. Vol. 195. Issue 4. Springer. 2013, 560-568 pp.

UDC 629.111.35
SCOPUS CODE 2210

კიბეზე მავალის ამძრავის ძალური ანალიზი

დავით თავხელიძე აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის 17

E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge

ზურაბ მჭედლიშვილი საინჟინრო გრაფიკისა და ტექნიკური მექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა

E-mail: zurab.mch@mail.ru

რეცენზენტები:

გ. გოლეტიანი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: gia_goletiani@yahoo.com

თ. მჭედლიშვილი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: T.mchedlishvili@gtu.ge

ანოტაცია. მოცემულ სტატიაში განხილულია კიბეზე მავალი კონსტრუქციის დინამიკური პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდოლოგია, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა დინამიკური სიხისტის მეთოდი. აღნიშნული მეთოდოლოგიის საფუძველზე წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია ღეროების, როგორც დანადგარის მეტალოკონსტრუქციის შემადგენელი ნაწილების საკუთარი სიხშირეების გაანგარიშების მეთოდოლოგია. იმავდროულად ამოცანის ამოხსნისას გათვალისწინებულია ღეროების დრეკადი მახასიათებლები. აღნიშნული მეთოდი იძლევა არა მარტო სისტემის საკუთარი სიხშირეების გაანგარიშების საშუალებას, არამედ სისტემის რხევების საკუთარი ფორმებისა და, სათანადოდ, სხვა დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრას.

საკვანძო სიტყვები: ბერკეტული მექანიზმები; დინამიკური მახასიათებლები; დინამიკური სიხისტის მეთოდი; დრეკადობის მახასიათებლები; კიბეზე მავალი; ღეროების საკუთარი სიხშირეები.

UDC 629.111.35
SCOPUS CODE 2210

Силовой анализ ходовой части лестничного подъемника

Давид Тавхелидзе Департамент Агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси, ул. Д. Гурамишвили 17
E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge

Зураб Мchedlishvili Департамент, инженерной графики и технической механики Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. Костава 68^а
E-mail: zurab.mch@mail.ru

Рецензенты:

Г. Голетиани, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ
E-mail: gia_goletiani@yahoo.com

З. Мchedlishvili, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ
E-mail: T.mchedlishvili@gtu.ge

Аннотация. Данная статья посвящена расчету основных конструктивных параметров ходовой части самоходной платформы для подъема по лестнице для различных целей, в частности упомянутая платформа предназначена для использования инвалидами. В целях повышения устойчивости платформы в данной работе предлагается новый рычажный механизм, обеспечивающий плавный переход машины от наклонной части лестницы на плоской части лестничной клетки. В порядке определения конструктивных параметров в статье приводятся кинематический и силовой анализ предлагаемой механической системы.

Ключевые слова: лестничная самоходная платформа; рычажный механизм; кинематика; жесткость рычажного механизма.

The date of review 18.12.2019

The date of submission 23.12.2019

Signed for publishing 08.07.2020

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-117-124>

ერთდგუშიან კომპრესორში ერთდროულად ორი მუშა აგენტის კუმშვის შესაძლებლობა

თამაზ მეგრელიძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tmegrelidze@yahoo.com	ტექნიკური
თამაზ ისაკაძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tamazisakadze@gmail.com	ტექნიკური
გივი გუგულაშვილი	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. წარმოების მრავალ დარგში და მათ შორის სამაცივრო ტექნიკაში ხშირად საჭიროა მუშა აგენტის მაღალი წნევისა და გაცივების ძალზე დაბალი ტემპერატურის მიღწევა, რისთვისაც აუცილებელი ხდება ამ მუშა აგენტის კუმშვის მრავალსაფეხურიანი ან მრავალკასკადიანი სქემების გამოყენება. ასეთი სქემების განხორციელება ხდება ყოველი ცალკეული საფეხურის ან კასკადისათვის ინდივიდუალური კომპრესორის გამოყენებით, რაც ზრდის კაპიტალურ დანახარჯებს, ართულებს მთლიანად დანადგარის კონსტრუქციასა და მის მომსახურებას.

წარმოდგენილია კომპრესორის ახალი კონსტრუქცია, რომელშიც დგუში ასრულებს წინსვლით-უკუქცევით გადატანით მოძრაობას ერთდროულად უმრავი კორპუსისა და მიმმართველის მიმართ და ორივე მათგანთან ახორციელებს მუშა აგენტის კუმშვას. ამასთან, დგუშის მიერ კორპუსისა და მიმმართველის მიმართ მუშა აგენტის კუმშვის ტრაქტები ერთმანეთისაგან იზოლირებულია, რაც იძლევა წარმოდგენილი კომპრესორის გამოყენებით სხვადასხვა ტრაქტში როგორც ერთი და იგივე, ისე სხვადასხვა მაცივარ-აგენტის ერთდროულად კუმშვის შესაძლებლობას.

საკვანძო სიტყვები: კომპრესორი; კუმშვა; მუშა აგენტი; ორკასკადიანი; ორსაფეხურიანი.

შესავალი

ბუნებრივ აირზე მომუშავე ავტომობილებისათვის აუცილებელია მათ ბალონებში ბუნებრივი აირის მაღალი წნევით (200-240ატმ.) დაჭირვანა, რაც შესაძლებელია მხოლოდ ამ აირის მრავალსაფეხურიანი შეკუმშვის პირობებში.

ასევე აუცილებელი ხდება მუშა აგენტის მრავალსაფეხურიანი კუმშვა იმ მაცივარი მანქანებისათვის, რომლებიც იძლევა დაბალი ტემპერატურების (-400C) მიღწევის შესაძლებლობას. კიდევ უფრო დაბალი ტემპერატურების (მათ შორის კრიოგენულის) მისაღწევად კი აუცილებელი ხდება მუშა აგენტის კუმშვის კასკადური ციკლების გამოყენება.

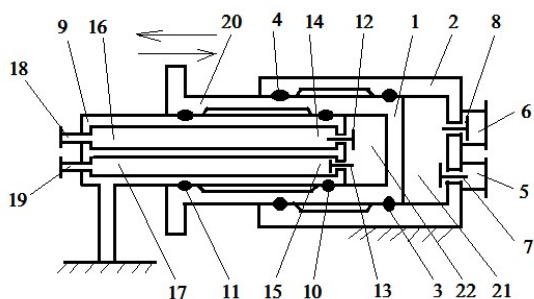
მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვა გულისხმობს ამ აგენტის შეკუმშვას ჯერ პირველი საფეხურის კომპრესორში, შემდეგ მის გაცივებას სპეციალურ თბოგადამცემში და ამის შემდეგ გაცივებული მუშა აგენტის განმეორებით კუმშვას მეორე საფეხურის კომპრესორში, სადაც პირველ საფეხურთან შედარებით წნევა უფრო მეტად იზრდება. როგორც ვხედავთ, ორსაფეხურიანი კუმშვა აუცილებლად მოითხოვს ორი კომპრესორის მუშაობას, რომლებიც აღჭურვილია სათანადო ამძრავი, საზომ-საკონტროლო და მარეგულირებელი მოწყობილობებით. ეს ართულებს კონსტრუქციას და ზრდის ეკონომიკურ დანახარჯებს კომპრესორის დამზადებასა და მომსახურებაზე.

ანალოგიურ პრობლემასთან გვაქვს საქმე კომპრესორის კასკადური სქემით მუშაობის შემთხვევაში. ერთი მუშა აგენტი იკუმშება პირველი კასკადის კომპრესორში, შემდეგ კონდენსირდება ამ კასკადის კონდენსატორში და დროსელის გავლის შემდეგ აცივებს საორთქლებელს, რომელიც მეორე კასკადისათვის კონდენსატორს წარმოადგენს. ამ მეორე კასკადში გვაქვს მეორე (უმეტეს შემთხვევაში პირველი კასკადის მუშა აგენტისაგან განსხვავებული) მუშა აგენტი, რომელიც იკუმშება მეორე კასკადის კომპრესორში და საორთქლებლიდან მიღებულ სითბოსთან ერთად კონდენსატორს (რომელიც პირველი კასკადისათვის საორთქლებელს წარმოადგენს) გადასცემს მიღებული სითბოს მთელ რაოდენობას. ამ შემთხვევაშიც ორი კასკადისათვის გამოიყენება ორი განსხვავებული კომპრესორი, რომლებსაც ესაჭიროება ინდივიდუალური ამძრავები, საზომ-საკონტროლო და მარეგულირებელი მოწყობილობები. ეს ართულებს მთლიანად სამაცივრო დანადგარის კონსტრუქციას, ზრდის კაპიტალურ დანახარჯებს მათ დამზადებაზე, აგრეთვე აუარესებს მათი ექსპლუატაციისა და მომსახურების პირობებს. გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ დღეისათვის არ არსებობს ისეთი კომპრესორები, რომლებიც ერთდროულად იმუშავენს ორ სხვადასხვა მუშა აგენტზე.

ძირითადი ნაწილი

იმისათვის, რომ შემცირდეს გამოყენებული კომპრესორების რაოდენობა მრავალსაფეხურიან და მრავალკასკადიან სქემებში და შესაძლებელი გახდეს ერთი კომპრესორის გამოყენებით ორი სხვადასხვა მუშა აგენტის ერთდროულად გამოყენება,

დამუშავებულია კომპრესორის ინოვაციური კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია სურათზე.



სურ. 1. ორ სხვადასხვა მუშა აგენტზე ერთდროულად მომუშავე კომპრესორის პრინციპული სქემა

კომპრესორის ძირითადი მუშა ნაწილია ღრუტანიანი დგუში 1, რომელიც მინიმალური ღრეჩოთი განლაგებულია უძრავი კორპუსის 2 შიგნით. კორპუსსა 2 და დგუშს 1 შორის მოთავსებულია გამამკვრივებელი რგოლები 3. ასევე გამამკვრივებელი რგოლები 4 არის განლაგებული კორპუსის 2 ბოლოში, საიდანაც დგუშის 1 ბოლო გამოყვანილია გარეთ. კორპუსის 2 ტორსულ კედელზე მოთავსებულია შემწოვი 5 და დამჭირხნი 6 მილყელები, რომელთა შიგნით განლაგებულია შესაბამისად შემწოვი 7 და დამჭირხნი 8 სარქველები.

ღრუტანიანი დგუშის 1 შიგნით მინიმალური ღრეჩოთი მის თანაღრეძულად განლაგებულია უძრავი მიმმართველი 9. დგუშსა 1 და მიმმართველს 9 შორის მოთავსებულია გამამკვრივებელი რგოლები 10. ასეთივე გამამკვრივებლებია 11 მოწყობილი დგუშის გარეთ გამოყვანილ ბოლოსა და მიმმართველის 9 ბოლოს შორის. მიმმართველის 9 წინა ტორსულ კედელზე განლაგებულია შემწოვი 12 და

დამჭირხნი 13 სარქველები, რომლებიც დაკავშირებულია მიმმართველის 9 შიგნით არსებულ შემწოვ 14 და დამჭირხნი 15 მოცულობებთან. ეს მოცულობები ასევე მიმმართველის 9 შიგნით არსებული ნახვრეტების 16, 17 გავლით დაკავშირებულია შესაბამისად შემწოვ 18 და დამჭირხნი 19 მილყელებთან. კომპრესორის კორპუსი 2 და მიმმართველი 9 უძრავადაა დამაგრებული, ხოლო დგუშის 1 კორპუსის 2 გარეთ გამოყვანილ ნაწილზე ხისტად დამაგრებულია მატარი 20, რომელიც ასრულებს წინსვლით-უკუსვლით გადატანით მოძრაობას კომპრესორის ღერძის გასწვრივ. ტორსული სივრცის 21 ზომის რეგულირება მოძრავ დგუშსა 1 და უძრავ კორპუსს 2 შორის მიიღწევა კორპუსის საკუთარი ღერძის გასწვრივ გადაადგილების და ფიქსაციის ხარჯზე. ტორსული სივრცის 22 ზომის რეგულირება მოძრავ დგუშსა 1 და უძრავ მიმმართველს 9 შორის კი მიიღწევა საკუთარი ღერძის გასწვრივ მიმმართველის გადაადგილებისა და ფიქსაციის გზით. შესაბამისად, დგუშის უკიდურეს მდებარეობებს თავისუფლად შეიძლება შევუსაბამოთ უძრავ ტორსულ კედლებთან მისი ნებისმიერი სასურველი ღრეჩოთი მიახლოება.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს:

ელექტროძრავას ჩართვის შემდეგ მატარი 20 იწყებს წინსვლით-უკუსვლით გადატანით მოძრაობას, რაც განაპირობებს დგუშის 1 შესაბამის მოძრაობას. დგუშის 1 კორპუსის 2 შიგნით მარცხნივ გადაადგილება განაპირობებს მათ შორის არსებულ ტორსულ სივრცეში 21 ვაკუუმის წარმოქმნას, რის ხარჯზეც იხსნება შემწოვი სარქველი 7 და მილყელის 5 გავლით აღნიშნულ სივრცეში შეიწოვება

მაცივარი აგენტი. დგუშის 1 მარჯვნივ გადაადგილებისას ტორსული სივრცე 21 იკუმშება, რის გამოც აქ წნევა იზრდება. როდესაც მაცივარი აგენტის წნევა მიაღწევს საჭირო სიდიდეს, მაშინ იხსნება დამჭირხნი სარქველი 8 და მაცივარი აგენტი მილყელის 6 გავლით გამოიჭირხნება კომპრესორიდან.

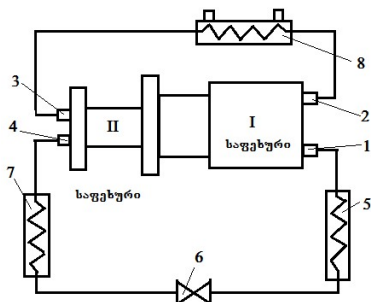
აღნიშნულის პარალელურად მიმდინარეობს მეორე პროცესიც. კერძოდ, დგუშის 1 მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილებისას დგუშის 1 კედელსა და მიმმართველს 9 შორის არსებული ტორსული სივრცე 22 ფართოვდება, რაც განაპირობებს აქ ვაკუუმის გაჩენას. აღნიშნული ვაკუუმის ხარჯზე იხსნება მიმმართველის 9 შემწოვი სარქველი 12 და მეორე მაცივარი აგენტი მილყელის 18, ნახვრეტის 16 და მოცულობის 14 გავლით შეიწოვება აღნიშნულ სივრცეში 22. დგუშის 1 მარჯვნიდან მარცხნივ გადაადგილებისას ტორსულ სივრცეში 22 ხდება იქ არსებული მაცივარი აგენტის შეკუმშვა. როდესაც მაცივარი აგენტის კუმშვის ხარისხი მიაღწევს საჭირო სიდიდეს, იხსნება მიმმართველის 9 დამჭირხნი სარქველი 13 და მეორე მაცივარი აგენტი მოცულობის 15, ნახვრეტის 17 და მილყელის 19 გავლით გამოიჭირხნება კომპრესორიდან გარეთ.

დგუშის წინსვლით-უკუქცევითი გადატანითი მოძრაობის მთელი დროის განმავლობაში ერთდროულად და განუწყვეტლივ მიმდინარეობს შემწოვი მილყელებიდან 5, 18 მაცივარი აგენტის შეწოვა, მისი წნევის გაზრდა სასურველ სიდიდემდე ტორსულ სივრცეებში 21, 22 და შემდეგ კომპრესორიდან გარეთ გამოიჭირხნა დამჭირხნი მილყელების 6, 19 გავლით. ამასთან, დგუშის ტორსული

კედლის სხვადასხვა მხარეზე (სივრცეებში 21 და 22) მომუშავე მაცივარი აგენტები ერთმანეთისაგან აბსოლუტურად იზოლირებულია. ამიტომ წარმოდგენილი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ერთმანეთისაგან იზოლირებულ სხვადასხვა კონტურში როგორც ერთი და იგივე, ისე სხვადასხვა მაცივარი აგენტები იყოს გამოყენებული.

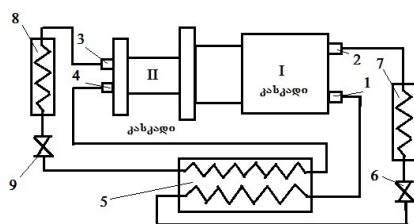
მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების შემთხვევაში კორპუსის (პირველი საფეხურის) შემწოვი სარქველი 1 (სურ. 2) მილგაყვანილობით დაკავშირებულია საორთქლებელთან 5, დროსელურ ვენტილთან 6, კონდენსატორთან 7 და მიმმართველის (მეორე საფეხურის) დამჭირხნი სარქველთან 4. კომპრესორის კორპუსის (პირველი საფეხურის) დამჭირხნი სარქველი 2 კი მილგაყვანილობით დაკავშირებულია შუალედურ თბოგადამცემთან 8 და მიმმართველის (მეორე საფეხურის) შემწოვი სარქველთან 3.

კომპრესორის დამჭირხნი მილყელიდან 2 პირველ საფეხურში დაჭირხნილი მაცივარი აგენტი შედის შუალედურ თბოგადამცემში 8, აქ ცივდება და მეორე საფეხურში შეიწოვება შემწოვი მილყელის 3 გავლით. მეორე საფეხურში დაჭირხნილი მაცივარი აგენტი კი დამჭირხნი მილყელიდან 4 მიეწოდება კონდენსატორში 7, სადაც სითბოს გაცემის ხარჯზე კონდენსირდება და დროსელური ვენტილის 6 გავლით მიეწოდება საორთქლებელს 5. აქ მიმდინარეობს პროდუქტიდან სითბოს არინების ხარჯზე მაცივარი აგენტის კვლავ ორთქლად გადაქცევა. ეს ორთქლი შეიწოვება პირველი საფეხურის შემწოვი მილყელის 1 გავლით კვლავ კომპრესორში.



სურ. 2. მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის სქემაში ახალი კომპრესორის ჩართვის სქემა

მაცივარი აგენტის ორკასკადიანი სქემით კუმშვის შემთხვევაში (სურ. 3) კორპუსის (ქვედა კასკადის) შემწოვი მილყელი 1 მილგაყვანილობით დაკავშირებულია საორთქლებელ-კონდენსატორთან 5, დროსელურ ვენტილთან 6, ქვედა კასკადის კონდენსატორთან 7 და ქვედა კასკადის დამჭირხნი მილყელთან 2. ამავე დროს კომპრესორის მიმმართველის (ზედა კასკადის) შემწოვი მილყელი 3 მილგაყვანილობით დაკავშირებულია ზედა კასკადის საორთქლებელთან 8, დროსელურ ვენტილთან 9, საორთქლებელ-კონდენსატორთან 5 და ზედა კასკადის დამჭირხნი მილყელთან 4.



სურ. 3. მაცივარი აგენტის ორკასკადიანი კუმშვის სქემაში ახალი კომპრესორის ჩართვის სქემა

ქვედა კასკადის დამჭირხნი მილყელიდან გამოსული მაღალი ტემპერატურისა და წნევის მქონე მაცივარი აგენტი შედის კონდენსატორში 7, სადაც გაცემს სითბოს და კონდენსირდება. ეს კონდენსატი დროსელის 6 გავლით შედის საორთქლებელ-

კონდენსატორში 5, სადაც იქ არინებული სითბოს ხარჯზე აორთქლდება და შეიწოვება ქვედა კასკადის შემწოვი მილყელში 1. ქვედა კასკადი ახდენს საორთქლებელ-კონდენსატორიდან 5 სითბოს არინებას. ამავე დროს ზედა კასკადის დამჭირხნი მილყელიდან 4 მაღალი ტემპერატურისა და წნევის მქონე მეორე მაცივარი აგენტის ორთქლი დაიჭირხნება საორთქლებელ-კონდენსატორში 5. აქ აღნიშნული ორთქლი გაცემს სითბოს ქვედა კასკადის მიერ არინებული სითბოს ხარჯზე გაცივებულ გარემოში და კონდენსირდება. საორთქლებელ-კონდენსატორში 5 კონდენსირებული მაცივარი აგენტი დროსელური ვენტილის 9 გავლის შემდეგ მიეწოდება ზედა კასკადის საორთქლებელში 8, სადაც არინებული სითბოს ხარჯზე ორთქლდება და შეიწოვება ზედა კასკადის შემწოვი მილყელში 3. ქვედა კასკადის მაცივარი აგენტის მიერ საორთქლებელ-კონდენსატორში 5 სითბოს არინების შედეგად ეფექტურად გაცივებული მეორე მაცივარი აგენტი ზედა კასკადის საორთქლებელში 8 შედის დაბალი ტემპერატურით და შესაბამისად იძლევა გაცივების მაღალ ეფექტს.

დასკვნა

წარმოდგენილი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ერთ კომპრესორში განხორციელდეს როგორც ერთი და იგივე მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვა, ისე - ორი, სხვადასხვა მაცივარი აგენტის კუმშვაც.

პირველ შემთხვევაში კუმშვის ორ საფეხურს შორის მაცივარი აგენტის ტრაქტში მის გასაცივებლად ჩართული იქნება შუალედური თბოგადამცემი, ხოლო კუმშვის ხარისხი მიიღწევა სათანადო დიამეტ-

რის მქონე დგუშის გამოყენების ხარჯზე. ასეთ პირობებში წარმოდგენილი კონსტრუქციის ერთი კომპრესორი თავისუფლად შეცვლის მრავალსაფეხურიანი კუმშვის სქემაში ჩართულ ორ კომპრესორს.

კომპრესორის წარმოდგენილი კონსტრუქციის კასკადური კუმშვის სქემაში გამოყენების შემთხვევაში თბოგადამცემთან, რომელიც ერთდროულად ასრულებს კონდენსატორისა და საორთქლებლის მოვალეობას, მიერთებული იქნება ქვედა კასკადის შემწვო ნაწილში შემავალი მილყელი (მისთვის თბოგადამცემი ასრულებს საორთქლებლის ფენქ-

ციას) და ზედა კასკადის კუმშვის ნაწილიდან გამო-
მავალი მილყელი (მისთვის თბოგადამცემი ასრუ-
ლებს კონდენსატორის ფუნქციას). ამ შემთხვევაშიც
წარმოდგენილი კონსტრუქციის ერთ კომპრესორს
თავისუფლად შეუძლია შეცვალოს კასკადური კუმ-
შვის სქემაში ჩართული ორი კომპრესორი იმ პირო-
ბებშიც კი, როდესაც ისინი სხვადასხვა მაცივარ
აგენტზე მუშაობენ.

კომპრესორების რაოდენობის შემცირება იძლევა
როგორც მათ დამზადებაზე, ისე ექსპლუატაციაზე
დანახარჯების შემცირების საშუალებას.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Japaridze Z., Suladze S., Gugulashvili G., Goletiani G., Tepnadze A., Kvirikashvili G., Omiadze Z. Refrigerator machines (Piston compressors). Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2009, 121 p. (in Georgian).
2. Gugulashvili G. Rotation compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2008, 110 p. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Gugulashvili G., Isakadze T. Refrigeration screw and scroll compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 121 p. (in Georgian).
4. Megrelidze T., Goletiani G., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigeration compressors. Guidelines for laboratory work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 165 p. (in Georgian).
5. Megrelidze T., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigerant machines. Guidelines for practical work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 91 p. (in Georgian).

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Ability to simultaneously compress two refrigerants in one piston compressor

- Tamaz Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

Z. Japaridze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. It is shown that in many industries, including refrigeration, it is often necessary to achieve a high pressure and a significantly low temperature of cooling of the working agent. Multistage and multistage compression schemes of the working agent are used for this purpose. The implementation of such schemes is achieved by using an individual compressor for each individual stage or individual cascade, which increases the capital investment, complicates the design of the entire installation and its operation.

A new design of the compressor is presented, in which the piston performs reciprocating portable movement simultaneously toward to the fixed body and the guide and with both produces the compression process of the working agent. In this case, carried out by the piston with the housing and the compression circuits of the working agent are isolated from each other. This makes it possible to use the presented compressor for compression in both circuits of the same working agent, as well as of two working agents differing from each other.

Key words: Compression; compressor; two-cascade; two-stage; working agent.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Возможность осуществления одновременного сжатия двух холодильных агентов в одном поршневом компрессоре

Тамаз Мегрелидзе	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68 ^ა E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
Тамаз Исакадзе	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68 ^ა E-mail: tamazisakadze@gmail.com
Гиви Гугулашвили	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68 ^ა E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, Директор Центра сбора и рециклирования холодильников Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Показано, что во многих отраслях промышленности и, в том числе в холодильной технике, часто необходимо достижение высокого давления и значительно низкой температуры охлаждения рабочего агента. Для этого используются многоступенчатые и многокаскадные схемы сжатия рабочего агента. Реализация подобных схем достигается использованием для каждой отдельной ступени или отдельного каскада индивидуального компрессора, что увеличивает капитальные вложения, усложняет конструкцию всей установки и ее эксплуатацию.

Представлена новая конструкция компрессора, в которой поршень осуществляет возвратно-поступательное переносное движение одновременно относительно неподвижных корпуса и направляющей и с обеими производит процесс сжатия рабочего агента. При этом, осуществляемые поршнем с корпусом и направляющей контуры сжатия рабочего агента изолированы друг от друга. Это дает возможность использования представленного компрессора для сжатия в обоих контурах как одного и того же рабочего агента, так и двух, отличающихся друг от друга рабочих агентов.

Ключевые слова: двухкаскадный; двухступенчатый; компрессор; рабочий агент; сжатие.

განხილვის თარიღი 20.01.2019

შემოსვლის თარიღი 28.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-125-132>

დგუშიანი კომპრესორის ცილინდრში მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის შესაძლებლობა

თამაზ მეგრელიძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tmegrelidze@yahoo.com	ტექნიკური
თამაზ ისაკაძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tamazisakadze@gmail.com	ტექნიკური
გივი გუგულაშვილი	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. მაცივარი მანქანის მუშა აგენტის დუ-ლილის ტემპერატურის შემცირების ან კონდენსაციის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში მკვეთრად იზრდება შეუქცევადი თბური დანაკარგები და მნიშვნელოვნად მცირდება ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტი. ამის თავიდან აცილების მიზნით - 30°C-დან -50°C-მდე დუღილის ტემპერატურების შემთხვევაში იყენებენ მაცივარ მანქანებს მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვით, ხოლო უფრო დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში გამოიყენება სამსაფეხურიანი ან კასკადური მაცივარი მანქანები.

აღნიშნული ტიპის მაცივარი დანადგარები დღეისათვის საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება. მაგრამ მიუხედავად ძირითადი ამოცანის (მაცივარი აგენტის კუმშვის ხარისხის გაზრდა) გადაწყვეტისა, ადგილი აქვს მაცივარი დანადგარის კონსტრუქციის მნიშვნელოვნად გართულებას, ლითონტევადობისა და ენერგოდანახარჯების მკვეთრად გაზრდას, რამაც განაპირობა ახალი გადაწყვეტილებების ძიება. ასეთ გადაწყვეტილებად შეიძლება ჩაითვალოს გარდნერ ვორხისის იდეის გამოყენება, რაც იძლევა ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელების საშუალებას, თუმცა მისი მუშაობის

ტემპერატურული რეჟიმი პირდაპირპროპორციულადაა დამოკიდებული კომპრესორის გეომეტრიულ მახასიათებლებზე (ცილინდრის დიამეტრი, დგუმის სვლა, ლილვის ბრუნვის სიხშირე). ამის გამო ასეთი კომპრესორების გამოყენების სფერო საკმაოდ შეზღუდულია. ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების მიზნით ჯიშბალვის მიერ შემოთავაზებული იყო კომპრესორის ცილინდრში თხევადი მაცივარი აგენტის შეშხეფება, თუმცა ამ შემთხვევაშიც დადებითი ეფექტი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია თხევადი მაცივარი აგენტის შეშხეფების ადგილისა და დროის ზუსტ შერჩევაზე, რაც საკმაოდ რთულია. წარმოდგენილია დგუმიანი კომპრესორის ახალი კონსტრუქცია, რომელიც უზრუნველყოფს ერთ ცილინდრში მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების შესაძლებლობას. წარმოდგენილი დგუმიანი კომპრესორის ახალ კონსტრუქციაში ხორციელდება მუშა აირის კუმშვა ორ საფეხურად: მუშა ცილინდრში დგუმის ერთ მხარეს გვაქვს აირის კუმშვის პირველი საფეხური, ხოლო მეორე მხარეს - უკვე შეკუმშული აირის მეორეული კუმშვა, მათ შორის კი ხორციელდება აირის შუალედური გაცივება. ეს განაპირობებს მაცივარი დანადგარის კონსტრუქციის სიმარტივეს, ლითონტევადობისა და ენერგოდანახარჯების შემცირებას.

საკვანძო სიტყვები: დგუმიანი კომპრესორი; კუმშვის ხარისხი; მაცივარი აგენტი; მუშაობის ეფექტიანობა; სამაცივრო ციკლი.

შესავალი

დუდილის ტემპერატურის შემცირების შემთხვევაში (ან კონდენსაციის ტემპერატურის გაზრდით) მკვეთრად იზრდება მაცივარ მანქანაში გადამეტურების სიბოხს არინებასთან და დროსელირებასთან დაკავშირებული შეუქცევადი დანაკარგები. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ სათბიერებელ ციკლში გამოვიყენებთ გადამეტურების სიბოხს, დროსელირებისას წარმოქმნილი დანაკარგები მაინც მნიშვნელოვნად ამცირებს ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტს. ამის გამო -30°C -დან -50°C -მდე დუდილის ტემპერატურების შემთხვევაში იყენებენ მაცივარ მანქანებს მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვით და დროსელირებას სრული ან არასრული შუალედური გაცივებით. დუდილის უფრო დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში გამოიყენება სამსაფეხურიანი ან კასკადური მაცივარი მანქანები.

დგუმიან კომპრესორებთან შედარებით მუშა სხეულის კუმშვის მაღალი ხარისხით ხასიათდება როტაციული, ხრახნული და სპირალური კომპრესორები, თუმცა ისინი ხასიათდება დამზადებისა და ექსპლუატაციის სირთულით, აგრეთვე დიდი თვითღირებულებით. მათთან შედარებით დგუმიან კომპრესორებს მრავალი უპირატესობა აქვთ, რომელთა შორის, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია მარტივი კონსტრუქცია, მცირე ღირებულება და წარმოების მრავალ დარგში ძალზე ფართოდ გამოყენების პრაქტიკა. სწორედ ამიტომ, მეცნიერები და ინჟინრები ცდილობენ ახალი მუშაობის პრინციპისა და კონსტრუქციის მქონე კომპრესორების დამუშავების პარალელურად, გააუმჯობესონ დგუმიანი კომპრესორების კონსტრუქცია და გაზარდონ მათი მუშაობის ეფექტიანობა.

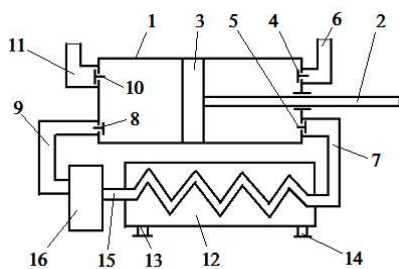
დგუშიანი ჰერმეტიკული კომპრესორებით მომუშავე საყოფაცხოვრებო, სავაჭრო და სხვა მცირე სამაცივრო დანადგარებში დაბალი ტემპერატურების (-40°C და ნაკლები) მიღების აუცილებლობამ განაპირობა ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელების საჭიროება. აღნიშნული პრინციპით მომუშავე ერთ-ერთი ციკლი არის გარდნერ ვორხისის (აშშ) იდეის მიხედვით მომუშავე ციკლი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ერთცილინდრიანი არაპირდაპირი ქმედების კომპრესორი შემწოვი და დამჭირხნი მილტუჩების გარდა აღჭურვილია დამატებითი, შუალედური შემწოვი მილტუჩით, რომელიც კომპრესორის ცილინდრის ქვედა ნაწილთან მიერთებულია შემწოვი ფანჯრის გავლით. მას შემწოვი სარქველი არ გააჩნია. შემწოვი ფანჯრის ქვედა წიბო შეესაბამება დგუშის ქვედა მკვდარი წერტილის მდებარეობას. აღნიშნულ კონსტრუქციაში დგუშის ქვედა მკვდარ წერტილში მისვლისას შუალედური შემწოვი ფანჯარა მთლიანად იხსნება, რის შედეგადაც მაცივარი აგენტის შუალედური ორთქლი შედის ცილინდრში და კუმშავს იქ არსებულ ორთქლს, რაზეც კომპრესორის მიერ მუშაობის დახარჯვა უკვე აღარაა საჭირო, რადგან შუალედური წნევის პირობებში მაცივარი აგენტის ორთქლს აქვს გაცილებით მეტი კუთრი წონა და ენერგია, ვიდრე კომპრესორის ცილინდრში არსებულ ორთქლს. წარმოდგენილი ციკლი ეფექტურია და უზრუნველყოფს ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელებას, მაგრამ მისი მუშაობის ტემპერატურული რეჟიმი პირდაპირაა დამოკიდებული კომპრესორის გეომეტრიულ მახასიათებლებზე (ცილინდრის დიამეტრი, დგუშის

სვლა, ლილვის ბრუნვის სიხშირე), რაც განაპირობებს ამ კომპრესორების საკმაოდ შეზღუდულ გამოყენებას [4].

კომპრესორის მუშაობის ეფექტიანობის გაზრდის მიზნით ჯიმზალვიოს (იტალია) მიერ 1933 წელს შემოთავაზებული იყო ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი ციკლის განხორციელება მის ცილინდრში თხევადი მაცივარი აგენტის შემხეფების გზით. საორთქლებლიდან კომპრესორის ცილინდრში ჩვეულერვიად შემავალ მაცივარი აგენტის ორთქლს დამატებით მიეწოდება თხევადი მაცივარი აგენტის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც ცილინდრში შეფრქვევის შედეგად წამიერად ორთქლდება, ახდენს დასაჭირხნი ორთქლის გაგრილებას და მუშა სხეულის ძირითად ნაწილთან ერთად ადიაბატურად იკუმშება აღნიშნულ კომპრესორში. დადებითი ეფექტი მიიღწევა დაჭირხვნის პროცესში კუმშვის მუშაობის შემცირების ხარჯზე. ასეთი სამაცივრო ციკლი იძლევა მატერიალური დანახარჯების დიდ ეკონომიას, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული ეფექტი დამოკიდებულია თხევადი მაცივარი აგენტის შეფრქვევის ადგილისა და დროის ზუსტად შერჩევაზე [5].

ძირითადი ნაწილი

არსებული დგუშიანი კომპრესორების მუშაობისას წარმოქმნილი დანაკარგების შემცირებისა და ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტის გაზრდის მიზნით დამუშავებულია დგუშიანი კომპრესორის ახალი კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია სურათზე.



ორსაფეხურიანი ციკლით მომუშავე კომპრესორის პრინციპული სქემა

ორსაფეხურიანი კომპრესორი შეიცავს ცილინდრს 1, რომლის შიგნით განლაგებულია დგუში 3. დგუშზე სახსრულად მიმაგრებულია ჭოკი 2, რომელიც მას ანიჭებს წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობის შესაძლებლობას. დგუშის ერთი მხრიდან ცილინდრის ტორსულ კედელზე განლაგებულია შემწოვი სარქველი 4, რომელიც მოთავსებულია შემწოვი მილგაყვანილობის 6 შიგნით. ამავე კედელზე განლაგებულია დამჭირხნი სარქველი 5, რომელიც ცილინდრს აერთებს დამჭირხნი მილგაყვანილობასთან 7. ცილინდრის მოპირდაპირე ტორსულ კედელზე დგუშის 3 მეორე მხრიდან ასევე განლაგებულია შემწოვი 8 და დამჭირხნი 10 სარქველები. შემწოვი სარქველი 8 ცილინდრის შიგა მოცულობას აერთებს შემწოვ მილგაყვანილობასთან 9, ხოლო დამჭირხნი სარქველი 10 - დამჭირხნი მილგაყვანილობასთან 11. შემწოვი მილგაყვანილობა 6 მიერთებულია სამაცივრო აგრეგატის საორთქლებელთან, ხოლო დამჭირხნი მილგაყვანილობა 11 მიერთებულია სამაცივრო აგრეგატის კონდენსატორთან სურათზე პირობით ნაჩვენები არაა). ცილინდრის დამჭირხნი მილგაყვანილობა 7 მიერთებულია შუალედურ თბოგადამცემთან 12. ეს უკანასკნელი არჭურვილია გამაცივებელი სითხის (მაგალითად, წყლის) მიმწოდ 13 და გამომყვანი 14

მილყელებით. შუალედური თბოგადამცემიდან 12 მაცივარი აგენტის გამომყვანი მილი 15 დაკავშირებულია რესივერთან 16, რომელიც აღჭურვილია მაცივარი აგენტის წნევისა და ტემპერატურის საზომი და მარეგულირებელი ხელსაწყოებით. თავის მხრივ, რესივერი 16 დაკავშირებულია კომპრესორის შემწოვ მილგაყვანილობასთან 9.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს;

დგუშის 3 მარჯვნიდან მარცხნივ გადაადგილებისას შემწოვი მილგაყვანილობის 6 და შემწოვი სარქვლის 4 გავლით საორთქლებლიდან ხდება მაცივარი აგენტის ორთქლის შეწოვა. დგუშის მარჯვნივ გადაადგილებისას მის მარჯვნივ არსებული ორთქლი იკუმშება (კუმშვის პირველი საფეხური) და სარქვლის 5 გაღების შემდეგ მილგაყვანილობის 7 გავლით მიწოდება შუალედურ თბოგადამცემში 12. აქ მილყელების 13, 14 გავლით მოძრაობს გამაცივებელი სითხე, რაც განაპირობებს თბოგადამცემში მიწოდებული მაღალი წნევის ორთქლის გაცივებას. გაცივებული სითხე მილით 15 მიწოდება და გროვდება რესივერში 16.

დგუშის 3 მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილების შემდეგ იხსნება სარქველი 8 და მაღალი წნევის, გაცივებული მუშა აგენტის ორთქლი მილგაყვანილობის 9 გავლით რესივერიდან 16 შედის კომპრესორის ცილინდრში დგუშის მეორე მხრიდან. დგუშის 3 მარჯვნიდან მარცხნივ მოძრაობის შემთხვევაში ცილინდრის მარცხენა ნაწილში არსებული მაღალი წნევის ორთქლი კიდევ უფრო მეტად იკუმშება (კუმშვის მეორე საფეხური) და გადიდებული წნევით სარქვლისა 10 და მილგაყვანილობის 11 გავლით მიწოდება სამაცივრო აგრეგატის კონდენსატორში. ამავე დროს, შემწოვი მილგაყვანილობის 6

და შემწოვი სარქველის 4 გავლით კომპრესორის ცილინდრში ხდება საორთქლებლიდან მაცივარი აგენტის ორთქლის ახალი ულუფის შეწოვა. ამის შემდეგ პროცესი მეორდება.

ამრიგად, კომპრესორის ცილინდრში დგუშის ერთი ორმაგი სვლის პერიოდში მიმდინარეობს დგუშის ერთ მხარეს მაცივარი აგენტის შეწოვა საორთქლებლიდან, მისი დაჭირხვნა (დაჭირხვნის პირველი საფეხური), გაცივება შუალედურ თბოგადამცემში და მიწოდება რესივერში, საიდანაც გაცივებული უკვე მაღალი წნევის მაცივარი აგენტი კვლავ შეიკუმშება დგუშის უკვე მეორე მხარეს (დაჭირხვნის მეორე საფეხური) და მიეწოდება სამაცივრო დანადგარის კონდენსატორში

$$K_1 L_1 - KL = z \cdot d\theta$$

შესაბამისად, კომპრესორის წარმოდგენილი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს კომპრესორის ერთ ცილინდრში მუშა აგენტის ორჯერ შეკუმშვას (ორსაფეხურიან კუმშვას), რაც უზრუნველყოფს მუშა

აგენტის წნევის მაღალ მნიშვნელობას. შესაბამისად, წარმოდგენილი კონსტრუქცია გვამღვეს ერთ კომპრესორში მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების შესაძლებლობას.

დასკვნა

მუშაობის პრინციპით წარმოდგენილი მოწყობილობა ორმაგი ქმედების ტუმბოს მსგავსია. მაგრამ ტუმბო ახორციელებს მხოლოდ სითხის გადატუმბვას დგუშის და ცილინდრის ორივე მხარის გამოყენების გზით. ტუმბოსაგან განსხვავებით წარმოდგენილ მოწყობილობაში ხორციელდება მუშა აირის კუმშვა ორ საფეხურად: დგუშის ერთ მხარეს გვაქვს აირის კუმშვის პირველი საფეხური, ხოლო მეორე მხარეს - უკვე შეკუმშული აირის მეორეული კუმშვა, რაც უზრუნველყოფს კუმშვის მაღალი ხარისხის მიღების შესაძლებლობას კომპრესორის ერთ ცილინდრში. ამასთანავე, შუალედური გაცივების გარეშე მაცივარი აგენტის ასეთი ორმაგი კუმშვა პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნებოდა.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Japaridze Z., Suladze S., Gugulashvili G., Goletiani G., Tepnadze A., Kvirikashvili G., Omiadze Z. Refrigerator machines (Piston compressors). Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2009, 121 p. (in Georgian).
2. Gugulashvili G. Rotation compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2008, 110 p. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Gugulashvili G., Isakadze T. Refrigeration screw and scroll compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 121 p. (in Georgian).
4. Megrelidze T., Goletiani G., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigeration compressors. Guidelines for laboratory work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 165 p. (in Georgian).
5. Megrelidze T., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigerant machines. Guidelines for practical work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 91 p. (in Georgian).

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Possibility of implementation of two-stage compression in the cylinder of piston compressor

- Tamaz Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

Z. Japaridze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. The new design of the piston compressor, which provides a possibility of implementation of two-stage compression of the working agent in one cylinder is presented. In case of reduction of boiling temperature of the working agent or increase the temperature of its condensation, irreversible thermal losses sharply increase and considerably the coefficient of reversibility of a cycle decreases. For the prevention of the given phenomenon at boiling temperatures from -300C to -500C are used two-level refrigerators, and at lower temperatures – three-stage and cascade compressors. Similar refrigerators widely are used in the refrigerating equipment. However, despite the solution of the main task (increase in extent of compression of the refrigerating agent), the specified refrigerators are characterized by complexity of a design, considerable metal consumption and high power losses. This leads to the search for new solutions. In this regard it's possible to use Gardner Voorhees' idea of providing the implementation of a two-stage refrigerating cycle in one compressor. However, temperature condition of operation of this machine proportionally depends on the compressor's geometrical indicators (diameter of the cylinder, a piston stroke, speed of rotation of a shaft). Thereof, the scope of the use of these compressors is quite narrow at this stage. In order to implement two-stage compression in one cylinder of the compressor, Dzhimbalvio offered a squeeze of a certain number of the liquid refrigerating agent in the cylinder. However, in this case the positive effect considerably depends on the accuracy of the place and the moment of a squeeze of the refrigerating agent in the cylinder that is rather difficult. In a new design of the presented piston compressor two-stage compression of working steam is carried out: in the working cylinder on the one side of the piston we have the first compression, and on the opposite

side of the piston – the second step of repeated compression of previously compressed steam is carried out. Intermediate cooling is carried out between the first and the second steps of compression. This design provides simplification of a design, reduction of metal consumption and power expenses.

Key words: Compression ratio; operating efficiency; piston compressor; refrigerant; refrigeration cycle.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Возможность осуществления двухступенчатого сжатия в цилиндре поршневого компрессора

- Тамаз Мегрелидзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Тамаз Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Гиви Гугулашвили** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, Директор Центра сбора и рециклирования холодильников Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Представлена новая конструкция поршневого компрессора, которая обеспечивает возможность осуществления двухступенчатого сжатия рабочего агента в одном цилиндре. В случае уменьшения температуры кипения рабочего агента или увеличения температуры его конденсации, резко возрастают необратимые тепловые потери и значительно уменьшается коэффициент обратимости цикла. Для предотвращения данного явления при температурах кипения от -30°C до -50°C используют двухступенчатые холодильные машины, а при более низких температурах – трехступенчатые и каскадные. Указанные холодильные машины широко используются в холодильной технике. Однако, несмотря на решение главной задачи (увеличение степени сжатия холодильного агента), указанные холодильные машины характеризуются сложностью конструкции, значительной металлоемкостью и высокими энергетическими потерями. Данное

обстоятельство приводит к поискам новых решений. К таким решениям можно отнести использование идеи Гарднера Ворхиса, обеспечивающей осуществление двухступенчатого холодильного цикла в одном компрессоре. Однако, температурный режим работы данной машины прямо пропорционально зависит от геометрических показателей (диаметр цилиндра, ход поршня, скорость вращения вала) компрессора. Вследствие этого, область применения указанных компрессоров на данном этапе является довольно узкой. С целью осуществления двухступенчатого сжатия в одном цилиндре компрессора Джимбальвио предложил впрыскивание определенного количества жидкого холодильного агента в цилиндр. Однако, и в данном случае положительный эффект значительно зависит от точности места и момента впрыскивания холодильного агента в цилиндр, что достаточно сложно. В новой конструкции представленного поршневого компрессора осуществляется двухступенчатое сжатие рабочего пара: в рабочем цилиндре с одной стороны поршня осуществляется первое сжатие, а с противоположной стороны поршня – вторая ступень повторного сжатия предварительно сжатого пара. Между первой и второй ступенями сжатия осуществляется промежуточное охлаждение. Данная конструкция обеспечивает упрощение конструкции, уменьшение металлоемкости и энергетических затрат.

Ключевые слова: поршневой компрессор, холодильный агент, степень сжатия, эффективность работы, холодильный цикл.

განხილვის თარიღი 22.01.2019

შემოსვლის თარიღი 28.01.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 23.2

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-133-140>

К вопросу построения центроида некруглого зубчатого колеса при нелинейном движении шнека

- Тенгиз Чхаидзе** Департамент инженерной графики и технической механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^а
E-mail: tengiz chkaidze@mail.ru
- გიორგი ცირეკიძე** Грузинский авиационный университет, Грузия, 0144, Тбилиси, пр. Кетеван Цамебули 16
E-mail: G.Tsirekidze@ssu.ge
- ნინო ნოზაძე** Департамент инженерной графики и технической механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^а
E-mail: ninonozadze1210@jmail.com

Рецензенты:

Т. Мегрелидзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: tmegrelidze@yahoo.com

Л. Кисишвили, ассоц. профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: Lia Kisishvili@gmail.com

Аннотация. Использованию некруглых зубчатых колёс были посвящены работы многих ученых [1, 2, 3, 4, 5, 6,9,11,12], которые способствовали их распространению как конструктивно, так и технологически.

Немецкая фирма KOEPFEER "EMAG", специализирующаяся на производстве круглых и некруглых зубчатых колёс, считает, что производство некруглых зубчатых колёс в последние годы является очень дорогостоящим процессом с использованием электроэрозийных технологий. Указано, что использование традиционной шестерни не является оптимальным вариантом при нелинейных движениях, требующих точных технологических действий. Что

наиболее важно, с некруглыми зубчатыми колёсами можно точно воспроизводить непрерывно повторяющееся неравномерное движение и осуществлять процесс без вибрации.

Ключевые слова: зубчатая передача; нелинейное движение; построение; центроида; эргономика.

Введение

Использованию некруглых зубчатых колес посвящены работы многих ученых [1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 12], внесших значительный вклад в их развитие, как в конструктивном, так и технологическом совершенстве. По мнению представителей немецкой фирмы

КОЕРFEER “EMAG”, которая специализирована по зубофрезерованию круглых и овальных зубчатых колес, с обеспечением высокого качества и производительного производства, указывают, что электроэрозионная обработка, которая распространена в последние годы, считается достаточно дорогостоящим технологическим процессом [5, 7, 10]. Сообщается, что использование традиционной круглой формы шестерни не всегда является оптимальным решением для передачи усилия в механизме или двигателе, в частности, при глубокой вытяжке на детали, где ход должен быть равномерным при рабочем ходе – медленным, а при холостом-быстрым возвращением. Что самое главное, можно с помощью некруглых зубчатых колес точно выполнять постоянно повторяющееся неравномерное движение с протеканием процесса без значительных вибраций [5].

Основная часть

В последние годы разработаны различные конструкции устройств для измельчения пищевых продуктов, способствующих эргономическому процессу, как ручным, так и с электроприводом [4, 6, 9, 10, 12].

Известна мясорубка, патент RU № 2479352 от 20.04.2019 г., где винтовой шнек выполнен полым, в котором расположен вал, где на одном конце установлена вращающаяся решетка, а на втором конце расположены цилиндрические колеса с постоянным передаточным отношением, осуществляющие вращение решетки в противоположном направлении по отношению к вращению шнека.

Однако многие из них имеют ряд недостатков, в том числе в части производительности процесса и долговечности трущихся поверхностей режущих частей устройства, из за того, что вращение, на одном из них, решетка и нож вращаются в различных направлениях [6]. Их основным недостатком, помимо интенсивного износа решетки и ножа, является установленный вдоль впадины оси шнека нож, где происходит неполноценное измельчение и сжатие обрабатываемой массы (сырья) на дне впадины, а не

процесс резания при наличии минимальной скорости резания, в результате возрастает усилие сопротивления на органы привода.

Существующие недостатки устранены в оригинальной конструкции измельчающего устройства [9]. Конструкция шнека изготовлена монолитной, где один его конец оканчивается цилиндрической формой, в размер выступающего диаметра шнека, где устанавливается основной, режущий нож, а на другом конце установлена одноступенчатая зубчатая передача с внутренним зацеплением с некруглыми колесами, обеспечивая нелинейное движение и переменный вращающий момент на шнек устройства. На торцовой части вдоль шнека в цилиндрической направляющей установлен дополнительный нож, где торцовой частью касается неподвижных кулачков, а с другой на конце оправки установлена пружина сжатия для придания оправке возвратно-поступательного движения от действия неподвижных кулачков, насаженных на фланце, по отношению к оси шнека; кулачки на фланце устанавливаются с помощью крепежных устройств, регулирующих их координаты фиксирования. Для повышения вращающего момента и скорости измельчения в процессе резания основной нож устанавливается на уровне внешнего диаметра шнека.

В процессе измельчения на шнек действует дополнительное усилие, вызванное действием кулачкового механизма и режущего инструмента; рассмотрена связь угла давления профиля кулачка и ролика толкателя, а чтобы не произошло самоторможение и рекомендован оптимальный угол давления; рассмотрен вопрос жесткости толкателя и кулачка, влияющий на динамический процесс, а с помощью дифференциальных уравнений, определены параметры движущихся частей толкателя [5].

Теоретические исследования и практическое использование нелинейных движений некруглых зубчатых колес рассмотрены в работах Р.Ш. Варсимавили, Ф. Литвина, И. Артоболевского [1, 2, 3, 4, 5]. Известно, что сложностью расчета для некруглых зубчатых колес является определение точного значения центроиды некруглого зубчатого колеса, где

задаются функцией перемещения колес в аналитическом или в табличном виде и рассчитываются приближенно путем разложения функции в ряды Фурье [2, 3, 4, 7]. Для шестерни предварительно задаются модулем зацепления m , числом зубьев Z и передаточным отношением, центром смещения вращения-эксцентриситетом e , где относительное смещение ε равно

$$\varepsilon = \frac{e}{r}, \quad (1)$$

где радиус делительной окружности. Относительное смещение определяет диапазон изменения передачи [7]

$$i_{min} = \frac{1-\varepsilon}{k-(1-\varepsilon)}, \quad i_{max} = \frac{1+\varepsilon}{k-(1+\varepsilon)}, \quad (2)$$

$k = \frac{a}{r}$, a межосевое расстояние, которое определяется приближенно [7]. При расчете передач с некруглыми колесами сложность представляет точное определение межосевого расстояния, которое должно удовлетворять условию замкнутости центроиды [1, 2, 3]. Для шестерни центроидой является делительная окружность с точкой O_1 ; 2- центроида зубчатого колеса с центром вращения O_2 (рис.1). В связи с тем, что зубья шестерни равномерно расположены с угловым шагом координаты точки A в плоскости системы $хоу$ будут :

$$x = r \cos \varphi_1; \quad y = r \sin \varphi_1, \quad (3)$$

$$x_1 = r \cos \varphi - e; \quad y_1 = r \sin \varphi, \quad (4)$$

где φ_1, φ_2 обозначены взаимосвязанные углы шестерни и зубчатого колеса, а через r_1, r_2 - радиусы центроид, которые касаются по линии O_1 и O_2 в точке D ; здесь справедливо равенство

$$r_1 + r_2 = a, \quad (5)$$

Угол φ_1 выражен через

$$\varphi_1 = \arctg \left\{ \frac{y_1}{x_1} \right\} = \arctg \left\{ \frac{r \sin \varphi}{r \cos \varphi - e} \right\} \quad (6)$$

Связь между r_1 и φ_1 определена (рис.1) [3]

$$r_1 = AC - OC = \sqrt{r^2 - (e \sin \varphi)^2} - e \cos \varphi \quad (7)$$

φ_2 - определяется, как вращение центроид без скольжения в дифференциальном виде:

$$r_1 d\varphi_1 = r_2 d\varphi_2, \quad (8)$$

откуда определяется угол обхвата φ_2 :

$$\varphi_2 = \int_0^a \frac{d\varphi_1}{\frac{a}{\sqrt{r^2 - (e \sin \varphi_1 - 1 \cos \varphi_1)}} - 1} \quad (9)$$

Зависимости функции φ_2 (φ_1) требуют расчета [7], где используется приближенное математическое интегрирование Гаусса и рассчитывают интеграл $I = \int_b^c f(x)dx$, значение которого заменяется интегралом $\int_0^1 v(\mu) d\mu$, где вспомогательная функция $v(\mu)$ имеет

вид

$$v(\mu) = 0,5(c-b) f(0,5b), \quad (10)$$

а величину интеграла определяют суммой произведений

$$I = \sum_{i=1}^{i=n} A_i v(\mu_i) \quad (11)$$

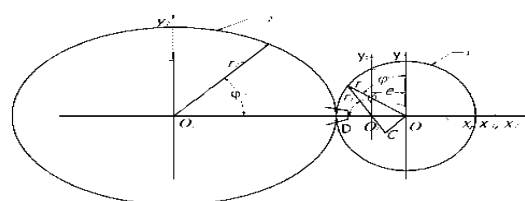


Рис. 1 Центроиды передачи [7]

Поскольку все большее распространение находят некруглые зубчатые колеса, поиск упрощенного метода расчета центроиды зубчатого колеса является актуальной задачей.

Известно, что получение эллипса происходит путем пересечения непараллельной по отношению к образующей окружности цилиндра наклонной плоскостью [8], очевидно, что при проектировании на окружность точки M (рис. 2) на плоскость S введена система координат, в которой ось абсцисс служит прямая EF , а осью ординат – прямая $ВД$. Координаты точки M в плоскости R , обозначены через x и y , а координаты точки N в S – через x', y' Так как

геометрическое место точек N есть окружность OB = b, то x', y' связаны уравнением

$$x'^2 + y'^2 = b^2. \quad (12)$$

Для получения уравнения овальной линии, которая является геометрическим местом точки M, выражают переменные x', y' через координаты x и y точки M. Ордината $y' = NQ$ равна ординате $y = MP$, таким образом $y' = y$. Из подобия треугольников OCF и OPQ находят

$$\frac{x'}{x} = \frac{OF}{OC} = \frac{b}{a} \text{ откуда } x' = \frac{b}{a}x \quad (13)$$

Подставляя в (12), (13) и $y' = y$ получаем

$$\frac{b^2}{a^2}x^2 + y^2 = b^2 \text{ и разделив почленно на } b^2,$$

$$\text{получим } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (14)$$

Уравнение (14) представляет любое овальное сечение круглой цилиндрической поверхности и меняет свое значение в зависимости от выбора величины цилиндра и сечения на нем. Окружность EBF D есть сечение (рис.2), где $a = b$ уравнение (14) принимает вид

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \text{ или } x^2 + y^2 = b^2. \quad (15)$$

Если a и b не равны и считая a тогда берем цилиндр радиуса $OF = b$ рассечем его какой либо плоскостью, образуя с плоскостью основания угол, чтобы

$$\cos = \frac{b}{a}. \quad (16)$$

$$\text{Тогда } OC = \frac{OF}{\cos a} = b : \frac{b}{a} = a$$

Исследуя его уравнение

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

разрешая уравнение (14) относительно Y – получают

$$Y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}, \quad (17)$$

относительно получают

$$x = \pm \frac{a}{b} \sqrt{b^2 - y^2}, \quad (18)$$

и убеждаемся, что эллипс лежит внутри полос RQ SP, параллельных оси абсцисс и отстоящих на расстоянии b (рис. 3). Из уравнения (18) очевидно, что для каждого значения X_1 абсциссы X меньшего по абсолютной величине ($||$) получают два

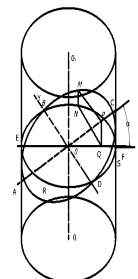


Рис. 2. К построению эллипса, как сечение цилиндра [8]

Значения ординаты, противоположные по знаку точки эллипса (рис. 3) M_1 и M_2 , а ось абсцисс служит осью симметрии эллипса. При значении $a > b$ дает значение смыкаются на оси в точке $A(A^1)$ (отстоящих от начала координат на расстояние.

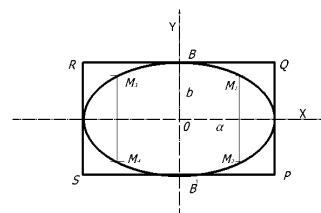


Рис. 3. К вопросу исследования формы эллипса [8]

Таким образом из уравнения (14) точки M_1 и M_3 симметричны относительно оси ординат. Уравнение (14) показывает, что точки M_1 (принадлежит эллипсу, то и точка M_4 (лежит на эллипсе, так как равенство можно переписать также в виде

$$\frac{-x^2}{a^2} + \frac{-y^2}{b^2} = 1.$$

Точки M_1 (и M_4) (расположены симметрично относительно начала координат 0, что является серединой отрезка M_1, M_4 .

Одно из свойств эллипса состоит в том, что всякий эллипс, формула (14) можно получить равномерно сжимая (или растягивая) окружность в каком – либо направлении, (рис. 4) [5].

Построенная окружность АСА'С' с большой осью 2а эллипса из диаметра, где уравнение окружности (рис. 4) которой будет

$$\bar{x}^2 + \bar{y}^2 = a^2, \quad (19)$$

где \bar{x} и \bar{y} - текущие координаты окружности, откуда определяют

$$\bar{y} = \pm \sqrt{a^2 - \bar{x}^2}, \quad (20)$$

и сравним с уравнением эллипса

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}. \quad (21)$$

Разделив уравнения (21) на (20), получим:

$$\frac{y}{\bar{y}} = \frac{b}{a} \quad (22)$$

Уравнение (22) выражает, что отношение любой ординаты y эллипса РМ к соответствующей ординате \bar{y} РN окружности всегда равно малой оси $b = OB$ к большой оси $a = OA = OC$, что означает, если взять окружность радиуса a и подвергнуть равномерному сжатию в каком либо направлении, т.е.сократим ее хорды в одном и том же отношении

$$k = \frac{b}{a},$$

то в результате сжатия получится эллипс, большая ось a которого равна окружности, а малая ось b равна $k \cdot a$, где $k = \frac{b}{a}$ представляет коэффициент сжатия.

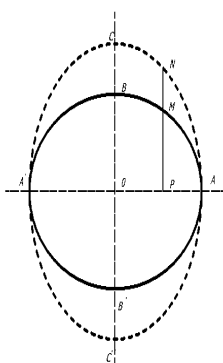


Рис. 4. К взаимосвязи окружности и эллипса [8]

Рассмотрен случай, когда в результате равномерного растяжения окружности по одному направ-

лению, где малая ось эллипса равна диаметру растягиваемой окружности, спроектированная с наклонной плоскости окружность на горизонтальную плоскость дает эллипс, а коэффициент сжатия эллипса равен косинусу угла, образованного наклонной и горизонтальной плоскостью [].

Для случая $i = 4$ при минимальном значении $Z_1 = 17$, $m = 2,5$ мм, $Z_2 = 68$ для внутреннего зацепления значения делительных окружностей соответственно $d_1 = 43,295$ мм, $d_2 = 173,182$ мм.

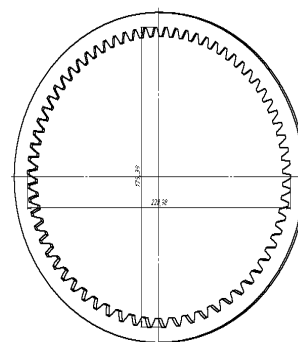


Рис. 5. Некруглое зубчатое колесо, выполненное компьютерной программой.

Столь подробное изложение особенностей свойства эллипса и окружности и взаимосвязь их основных параметров позволяют, по нашему мнению, что при проектировании передач с некруглыми колесами предложить альтернативный метод построения центроид некруглых зубчатых колес путем использования технической компьютерной программы

Заклучение

Использование некруглых зубчатых колес непрерывно возрастает благодаря разработке эффективных технологических процессов по стабильному свойству при передаче усилия в механизме или двигателе, в частности при операциях, когда движение должно быть равномерным при рабочем ходе – медленным, а при холостом- быстрым возвращением и, что самое главное, при этом можно точно выполнять постоянно повторяющееся неравномерное движение, именно, при использовании некруглых зубчатых колес;

2. Для построения центроиды некруглого зубчатого колеса сложностью является получение точного значения углов поворота и соответственно

радиусов центроид r_1 и r_2 , где используются приближенные методы интегрирования; предлагается альтернативный способ построения, известным в аналитической геометрии взаимосвязи уравнений окружности и эллипса и построение циклоиды эллиптического колеса, где определяем величины малой и большой полуосей циклоиды ;

3. Предложено построение циклоиды одноступенчатых зубчатых колес с внутренним зацеплением с передаточным отношением u - от двух до четырех, а с

целью компактности расположения передачи вращения одного направления шнека и компактности приводного механизма;

4. Для повышения производительности обработки, увеличения вращающего момента главный режущий нож установлен по диаметру выступа шнека с использованием некруглых зубчатых колес с внутренним зацеплением, чем создается нелинейное движение и эргономические условия эксплуатации.

Литერატურა

1. Litvin F.L. Non-circular gears. Design, theory and production. Moscow: "Mashgiz". 1956, 312 p. (in Russian).
2. Litvin F.L. Theory of gears. Moscow: "Science". 1968, 584 p. (in Russian).
3. Artobolevsky I.I. Mechanisms in modern engineering. Vol.3. Moscow: "Mashgiz". 1973, 592 p. (in Russian).
4. Varsimashvili R.Sh. The theory of gearing gears with a variable gear ratio. Tbilisi. Publishing House "Technical University". 2008, 497 p. (in Russian).
5. Chernichenko V.V. et al. Patent RU 2 479 352 C1. Meat grinder. 2011. (in Russian).
6. Padalko A.P., Padalko N.A. Gear with non-circular wheel. University news of North-Caucasian region: Technical sciences series. No. 3. 2015. (in Russian).
7. Vygodsky M.Ya. A brief textbook of higher mathematics. M.-L.: "OGIZ". 1947, 479 p. (in Russian).
8. Chkhaidze T.A., Varsimashvili R.Sh., Chkhaidze N.T. GE patent, B 02 (11) R 2019 714 B, priority 2017, 02.27. A device for grinding of food. 2019. (In Georgian).
9. Chkhaidze T.A., Nozadze N.I., Merabishvili G. On the issue of determining the pressure force of the screw cam mechanism of the grinding device with a roller pusher. Tbilisi. Proceedings of Georgian Technical University. No. 4 (510). 2018, 109-116 pp. (in Georgian).
10. Mundo D., Danneli G. Use of non-circular gears in pressing machine driving systems. URL: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/udine2004/papers/483-172.pdf>
11. Laczik B. Design and manufacturing of non-circular gears by given transfer function. URL: <http://www.hexagon.de/pdf/noncgear.pdf>

UDC 23.2

SCOPUS CODE 2210

არამრგვალი კბილანების ცენტროიდის აგების საკითხი შნეკის არაწრფივი მოძრაობისას

- თენგიზ ჩხაიძე** საინჟინრო გრაფიკისა და ტექნიკური მექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68°
E-mail: tengiz chkaidze@mail.ru
- გიორგი ცირეკიძე** საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0144, თბილისი, ქეთევან წამებულის გამზირი 16
E-mail: G.Tsirekidze@ssu.ge
- ნინო ნოზაძე** საინჟინრო გრაფიკისა და ტექნიკური მექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68°
E-mail: ninonozadze1210@jmail.com

რეცენზენტები:

თ. მეგრელიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com

ლ. ქისიაშვილი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი
E-mail: Lia Kisishvili@gmail.com

ანოტაცია. არამრგვალი კბილანების გამოყენებას ეძღვნება მრავალი მეცნიერის ნაშრომი [1, 2, 3, 4, 5, 6,9,11,12], რომლებმაც შეიტანეს წვლილი მათ გავრცელებაში როგორც კონსტრუქციული, ისე ტექნოლოგიური სრულყოფით.

გერმანული ფირმა KOEPFEER “EMAG”-ი, რომელიც სპეციალიზებულია მრგვალი და არამრგვალი კბილანების გამოშვებაში, თვლის, რომ ბოლო წლებში გავრცელებული არამრგვალი კბილანების დამზადება ელექტროეროზიული ტექნოლოგიით, საკმაოდ ძვირი პროცესია. მინიშნებულია, რომ ტრადიციულად მრგვალი კბილანის გამოყენება არ არის ოპტიმალური ვარიანტი არაწრფივი მოძრაობის დროს, როდესაც საჭიროა ზუსტი ტექნოლოგიური მოქმედება, რაც უფრო მნიშვნელოვანია, არამრგვალი კბილანებით შესაძლებელია ზუსტად ვაწარმოთ მუდმივად განმეორებადი არათანაბარი მოძრაობა და პროცესი მიმდინარეობდეს ვიბრაციის გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: აგება; ანალიზური გაანგარიშება; არაწრფივი მოძრაობა; ერგონომიკა; კბილანური გადაცემა; ცენტროიდი.

UDC 23.2

SCOPUS CODE 2210

On the issue of constructing a centroid of a non-circular gear with nonlinear movement of the screw

Tengiz Chkhaidze Department of Engineering Graphics and Technical Mechanics, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tengiz chkhaidze@mail.ru

Giorgi Tsirekidze Georgian Aviation University, 16 K. Tsamebuli ave., 0144 Tbilisi, Georgia
E-mail: G.Tsirekidze@ssu.ge

Nino Nozadze Department of Engineering Graphics and Technical Mechanics, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: ninonozadze1210@jmail.com

Reviewers:

T. Megrelidze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com

L. Kisishvili, Associate Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering
E-mail: Liakisishvili@gmail.com

Abstract. Many scientists works were devoted to the use of non-circular gears [1, 2, 3, 4, 5, 6,9,11,12], which contributed to their spread in constructional and technological improvements.

The German company KOEPFER "EMAG", specializing on the production of circular and non-circular gears, considers the production of non-circular gears using electroerosion technologies as a very expensive process in recent years. It is indicated that the use of a traditional round gear is not the best option for non-linear movements requiring precise technological actions. Most importantly, it is possible to accurately reproduce continuously repeating nonuniform motion and carry out the process without vibration with non-circular gears.

Key words: Centroid; construction; ergonomics; gear; nonlinear movement.

Дата рассмотрения 01.12.2019

Дата поступления 12.12.2019

Подписано к печати 08.07.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-141-150>

თბილისის წმ. ალ. ნეველის სახელობის სამხედრო ტაძარი – „სობორო“

ნათია ასათიანი არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: natia57natia@gmail.com

დიანა გრატიაშვილი არქიტექტურული გეგმარებისა და ურბანისტიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: diana.masw@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. დავითაია, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: maia_davitaia@hotmail.com

მ. თევზაძე, რუსთაველის სახელობის სახელმწიფო დრამატული პროფესიული თეატრის ლიტერატურული რედაქტორი, ხელოვნებათმცოდნეობის დოქტორი

E-mail: m_tevzadze@mail.ru

ანოტაცია. წმ. ალექსანდრე ნეველის სახელობის სამხედრო ტაძარი „სობორო“ (1897 წ.) დღევანდელი პარლამენტის შენობის ადგილას იდგა. ქვემოთ განვიხილავთ მისი შექმნის ისტორიას და მაშინდელი პოლიტიკური გარემოს გავლენას საეკლესიო ნაგებობების მშენებლობაზე. აღწერილია ტაძრის ექსტერიერი და ინტერიერი. დასახელებულია ის რუსი მხატვრები, რომელთა ნიმუშების მიხედვით შეიქმნა კანკელის მხატვრობა და ინტერიერის ფრესკული მოხატულობა, განხორციელებული ადგილობრივი მხატვრების მიერ. აღწერილია ის სიახლეები, რომლებიც უკავშირდება ტაძრის კეთილმოწყობას, კერძოდ: ელექტროფიკაცია და განათების სისტემა, გათბობისა და გაგრილების

სისტემები. მოყვანილია შედარება თანადროულ ტაძრებთან, რომლებიც შენდებოდა რუსეთის იმპერიის მასშტაბით ამ წლებში. გაანალიზებულია ის მსგავსება და სახასიათო თავისებურებები, რომლებიც საერთოა ნეობიზანტიური ტაძრებისათვის. დასკვნაში გაკეთებულია ანალიზი, თუ რა შეიძლება მიეღო თბილისს იმ შემთხვევაში, თუ განხორციელდებოდა სხვა რომელიმე პროექტი, რომლებიც აიგო ამავე წლებში იმპერიის სხვა ქალაქებში. გამოთქმულია ვარაუდი, რამდენად მისაღები და თავსებადი იქნებოდა თუკი განხორციელდებოდა იგივე ტაძრების მშენებლობა თბილისურ გარემოში. რამდენად მისაღები იყო ის პროექტი, რომელიც აიგო თბილისში და რა იყო მიზეზი, რის გამოც ვერ შეითვისა ეს ტაძარი ქალაქმა.

საკვანძო სიტყვები: ალექსანდრე ნეველი; არქიტექტურა; გუმბათი; ნეო-ბიზანტიური; ტაძარი.

შესავალი

საქართველოს რუსეთის იმპერიის შემადგენლობაში ყოფნის დროს რუსეთის ეკლესია ცდილობდა საქართველოში ახალი ეკლესიების მშენებლობა რუსული გემოვნებისათვის, რუსული ტრადიციებისათვის დაექვემდებარებინა. ამ მიზნით, მე-19 საუკუნის 20-იან წლებში გამოვიდა დადგენილება, რომელიც ყოველი ახალი ტაძრისთვის განსაზღვრავდა წინასწარ შემუშავებული და დამტკიცებული გეგმების ნიმუშების მიხედვით მშენებლობას. ამასთანავე, ამ ტაძრების მშენებლობა უნდა განხორციელებულიყო წინასწარ შერჩეული და ეგზარქოსების მიერ დანიშნული არქიტექტორ-ზედამხედველის მიერ, რომელიც უზრუნველყოფდა კონკრეტულად ამ გეგმებზე მშენებლობის დაქვემდებარებას. გეგმები ყველა შემთხვევაში რუსეთიდან იყო ნაკარნახევი. რუსეთის იმპერიის მთელ ტერიტორიაზე შენდებოდა ტაძრები, რომლებიც ალექსანდრე მესამის ფავორიტ არქიტექტორ კონსტანტინე ტონის ტიპური პროექტების მიხედვით იყო შექმნილი. ტაძრები ძირითადად ხუთგუმბათიანი იყო.

ყველაზე მნიშვნელოვანი იდეოლოგიურად, ტერიტორიულად თუ ზომის მიხედვით, გახლდათ სამხედრო ტაძარი წმ. ალექსანდრე ნეველის სახელზე ნაკურთხი ე.წ. სობორო (собор), რომელიც დღევანდელი პარლამენტის შენობის ადგილას მდებარეობდა. ტაძარი განსაზღვრული იყო მაშინდელი გარე-

უბნის განაშენიანებაში იდეოლოგიური და მასშტაბური აქცენტის წარმოსაჩენად და მაშინდელი ტეტრაკონქის ტიპის, ძველი ქაშვეთის ტაძრის მოპირდაპირე მხარეს უნდა აღმართულიყო. უნდა ყოფილიყო გრანდიოზული, მდიდრული, მარმარილოთი შემკული და ხაზი გაესვა დიდებულებისთვის მაშინ, როცა ქაშვეთი სავალალო მდგომარეობაში იყო იმდენად, რომ მის აღდგენა-შეკეთებას ბევრად მეტი მატერიალური ხარჯი სჭირდებოდა, ვიდრე მის დაშლას და ამავე ადგილას ახალი ტაძრის მშენებლობას, რომელიც საბოლოოდ განხორციელდა მხოლოდ 50 წლის შემდეგ.

აკადემიკოსი ვახტანგ ბერიძე აღნიშნავს, ახალი ტაძარი იქნებოდა „რუსული არმიის გამარჯვებათა და მეფის რუსეთის მიერ კავკასიის დაპყრობის ძეგლი“ (ბერიძე 1960:66).

ძირითადი ნაწილი

ტაძრის მშენებლობისათვის გამართულ 1865 წლის კონკურსში გაიმარჯვა პეტერბურგელი არქიტექტორების-შრეტერისა და ჰუნის პროექტმა, რომელიც, განსხვავებით მეორე ადგილზე გასული გრიმისა და გედიკეს პროექტისაგან, მოითხოვდა ბევრად მეტ სახსრებს და ეს რვაგუმბათიანი პროექტი ვერ განხორციელდა. ორივე პროექტი რუსულ-ბიზანტიური სტილისაა. ტაძრის ფუნდამენტის კურთხევა 1871 წლის 10 აპრილს შედგა.

გაზეთ „თიფლისკი листокъ №118-ში დაიბეჭდა სტატია, რომელიც ტაძრის საზეიმო კურთხევას მიემდგვნა. აი რას წერს გაზეთი: „ტაძარი გეგმაში კვადრატული ნაგებობაა. ყოველი მისი გვერდი 14

საქენია, ხოლო ფართობი – 200 კვადრატული სა-
ქენი. ვერტიკალში 3-4 საქენის სიმაღლეზე კვად-
რატი გადადის ტოლმკლავა ჯვარში, რომლიდანაც
გარე სივრცეში იკვეთება 4 აფსიდა, ოთხივე დამოუ-
კიდებელი გადახურვით. ჯვრის ბოლოები გადა-
დის ნახევარსფეროებში და გადახურულია ნახევარ-
გუმბათებით, რომლებიც ცენტრალური გუმბათის
ყელს უკავშირდება. გუმბათის ყელი, თავის მხრივ,
8 საქენია, ხოლო სიმაღლე მიწიდან – 18 საქენი. ასე,
რომ ტაძარი სამიოდე საქენით დიდია, ვიდრე მი-
სივე სამრეკლო, თუმცა ეს თვალთ შუემჩნეველია.
სტილი, რითაც აგებულია ტაძარი, გახლავთ ნეობი-
ზანტიური (ამ სტილის მნიშვნელოვანი ნიმუშია
წმ.სოფია ცარეგრადში, იგულისხმება კონსტანტი-
ნოპოლი). მისი ორნამენტი გამოირჩევა უბრალოე-
ბითა და სინატივით. ახალი ტაძარი მასიური ზო-
მის ქვის ნაგებობის შთაბეჭდილებას ტოვებს, რომე-
ლიც მოხერხებული დანაწევრებით თანდათანო-
ბით მზის შუქზე მბრწყინავი გუმბათის დაგვირგვი-
ნებაში გადადის. სამრეკლო აგებულია იგივე სტილ-
ში, ტაძრის გარე კარნიზებისა და მოჩარჩოების გა-
მეორებით. განსხვავებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს
სამრეკლოს ორივე გვერდზე არსებული მინაშენები,
რომლებიც სიმყარის შესანარჩუნებელ როლს
ასრულებს“.

ტაძარი შიგნით საზეიმო შთაბეჭდილებას ტო-
ვებს, გარედან იღვრება სინათლის ნაკადი, რომე-
ლიც დაბურული მინის მოჩარჩოებული სარკმლე-
ბიდან იღვრება, კედლები მოოქრული ორნამენტე-
ბითაა შემკული, რომელიც ასევე ბიზანტიურ
სტილშია შესრულებული.



კედლები ფრესკებითაა მორთული. როგორც წმ.
ალექსანდრე ნეველის მთავარი იკონოსტასი, ისე
გვერდითი იკონოსტასები(მიხეილ მთავარანგელო-
ზის და ნიკოლოზ სასწაულმოქმედის) მარმარი-
ლოსგანაა შესრულებული, იატაკი მთელ ტაძარში
მოზაიკურია.

ტაძრის პილონებზე (შიგა კედლები, რომლებიც
გუმბათის ყელს აკავებს) მიმაგრებულია 4 დიდი
ნაცრისფერი მარმარილოს დაფა, რომლებზეც დაწე-
რილი იყო ყველა იმ დიდჩინოსნისა და ოფიცრის
გვარი, რომელთაც „ღვაწლი“(!) მიუძღვით კავკა-
სიელ მთიელთა დამორჩილებაში. შესასვლელში,
ორი აფსიდის კედელზე ჩაწერილი იყო იმ სამხედ-
რო ნაწილებისა და დანაყოფების დასახელებები,
რომლებიც კავკასიის დამორჩილებაში მონაწი-
ლეობდნენ.

ტაძრის საეკლესიო ნივთები, მათ შორის შანდლები, ლამპადები, კანდელები მთლიანად ბრინჯაოსია და ყურადღებას იპყრობს ნაკეთობის დახვეწილობით და სინატიფით, ასევე სტილის შეგრძნებითა და ერთიანობით. ექვს ქორკანდელს შორის თავისი ზომით გამოირჩევა მთავარი ქორკანდელი. იგი დაკიდულია არა ცენტრალური გუმბათიდან ჩამოშვებულ ჯაჭვზე, არამედ ოთხივე კუთხის პილონიდან დაშვებულ ჯაჭვებზე.



კვლავ ამონარიდი: „ფუნდამენტური საყრდენები ბეტონისგანაა დამზადებული, სარდაფის იატაკის ქვემოთ 2,5 საყენზეა დასხმული. გამონაკლისია მხოლოდ აფსიდების გარე კედლების ფუნდამენტები, რომლებსაც შედარებით ნაკლები დატვირთვა აქვს. ეს ფუნდამენტები შედგება ქვის ფილებისაგან ცემენტის შენაერთზე და სარდაფის იატაკის სიღრმიდან სისქეში 3,5 არმინისაა.

სარდაფის სართულზე, რომელიც თაღებითაა გადახურული, მოწყობილია სათავსი ტაძრის ხელოვნური განათების, გათბობისა და გაგრილებისთვის. გათბობა ცენტრალურია, ჰაერისა და წყლის. გამავალი ჰაერის ნაკადის გადინება უზრუნველყოფილია 8 სანიაველით, რომლებიც განთავსებულია გუმბათის ყელის 4 სარკმელს შორის.

რაც შეეხება განათებას, ზემოხსენებული 5 მცირე ქორკანდელი განკუთვნილია ცვილის სანთლებსათვის, ხოლო მთავარი ქორკანდელი აღჭურვილია 218 ელექტრონული ნათურით, რომლებიც დიზაინით მოგვაგონებს სანთელს და შეუძლია გამოსცეს 2000 ცვილის სანთლის შესაბამისი ნათება. ასევე ელექტრონული ნათურები, ამ შემთხვევაში ტიტების ფორმის, განთავსებულია როგორც ცენტრალური გუმბათის ყელზე, ისე გვერდითი ნახევარგუმბათების ყელზე, შესაბამისად, რაოდენობით 16 და 10-10 ოთხივე ნახევარგუმბათზე. ამას გარდა, ტაძრის მთავარი პორტალის ორივე მხარეს დამაგრებულია 2-2 ელექტროფარანი, თითოეული 100-სანთლიანი ნათებით და 4 ფარანი ტაძრის გალავნის კუთხეებში.

დინამომანქანა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის მიწოდებას როგორც ნათურებთან, ისე სანიაველებთან, განთავსებულია სამრეკლოს ქვეშ არსებულ სარდაფში. აქვეა განთავსებული ნავთის საწვავზე მომუშავე 16 ცხენის ძალის მოცულობის გენერატორი. ჩატარებულ სამუშაოთა ზედამხედველი გახლდათ სამხედრო ინჟინერ-პოლკოვნიკი გერასიმოვი“.

კედელზე შესრულებული ფრესკული მოხატულობა რუსი მხატვრების – ვერეშჩაგინისა და ვასნეცოვის ასლების მიხედვით შეიქმნა, რომლებიც, თავის მხრივ, განთავსებულია მოსკოვის მაცხოვრის

ეკლესიაში და კიევის წმ. ვლადიმირის ტაძარში. თბილისში არსებული ეს ასლები შეასრულეს ადგილობრივმა მხატვრებმა – კოლჩინმა და ლონგომ. ორნამენტული მოხატულობა განახორციელა გ. ნოვაკმა.

მარმარილოსგან შესრულებული ნაწილები დაამზადა ადგილობრივმა ოსტატმა ანდრელეტმა. საეკლესიო ნივთები, კანდელები, ქორკანდელები მოსკოვიდან პოსტნიკოვის ფირმამ მოაწოდა. ასევე მოსკოვიდან გამოგზავნეს იკონოსტასის და საკურთხევლის ხატები «ქრისტე დიდებით», თუმცა ისინი ნაკლებ შედეგიანად არის შესრულებული. მთლიანი ტაძრის ღირებულებამ 450 000 რუბლი შეადგინა.

საინტერესოა თბილისის „სობოროს“ თანამედროვე ნაგებობები კავკასიის და, ზოგადად, იმპერიის მასშტაბით.

საქართველოში წმ. ალექსანდრე ნეველის სახელობის სამხედრო ტაძარი იყო ბათუმშიც. მის არქიტექტორად სახელდება ვ.ა.კოსიაკოვი. ეს ტაძარი აკურთხეს 1906 წლის 6 დეკემბერს, ბათუმის რუსეთის იმპერიასთან მიერთების 25 წლის აღსანიშნავად. ბათუმის მასშტაბში ტაძარი ბევრად შთამბეჭდავად გამოიყურებოდა ხუთი ბოლქვისგან გუმბათითა და კიდევ უფრო მაღალი კარვისგან სამრეკლოთი და „ზემოდან“ გადაჰყურებდა ქალაქს. მას იმთავითვე „სამხედრო ტაძარი“ უწოდა მოსახლეობამ. საბჭოთა წყობილების დამყარების შემდეგ 1921 წ. ტაძარი „ანტირელიგიურ მუზეუმად“ გადააკეთეს, ხოლო 1931 წელს სტალინის მმართველობისას ააფეთქეს. ტაძარმა მხოლოდ 25 წელი იარსება.

მონუმენტური იერის გარდა, მას მრავლობითად

დანაწევრებული კილისებრი სარკმლები და ცენტრალური კუბის წახნაგებზე არსებული უამრავი კოკონიკების არშიები დაჰყვება. პოლიქრომულობის თვალსაზრისით, ბათუმის ტაძარი უფრო ფერადოვნად და თამამი ჟღერადობით გამოირჩევა, ვიდრე თბილისის „სობორო“, რომელიც შედარებით თავშეკავებული ორი ფერის მონაცვლეობის დაპირისპირებითაა შესრულებული. რა თქმა უნდა, თბილისის შემოგარენისათვის ფერთა ასეთი მკვეთრი ჟღერადობა სრულიად წარმოუდგენელი და მიუღებელი იქნებოდა.

ყურადღებას იპყრობს წმ. ალექსანდრე ნეველის სახელზე ნაკურთხი ბაქოში არსებული ტაძარი. ახალი ტაძრის დადგმა გადაწყდა „სპარსეთის მოედანზე“, მუსლიმური სასაფლაოს დაშლის ადგილას. ამან მთელი ათწლიანი დავა და დებატები გამოიწვია ბაქოს მოსახლეობასა და იმპერიის მოხელეებს შორის, მაგრამ საბოლოოდ ბაქოს მუსლიმმა ლიდერებმა უკან დაიხიეს.

ტაძრის პროექტი ეკუთვნოდა რობერტ მარფელდს, გერმანელ არქიტექტორს და განახორციელა მისმა მოსწავლემ, პოლონელმა იუზეფ გოსლავსკიმ. ტაძრის მოდელებად გამოყენებულ იქნა ვასილი ნეტარის ტაძარი – ექსტერიერისათვის, ხოლო მოსკოვის მაცხოვრის ტაძარი – ინტერიერისათვის.

იმპერატორის მიერ გაღებული სოლიდური თანხა არ აღმოჩნდა საკმარისი ტაძრის მშენებლობის დასრულებისათვის. რაც ყველაზე ნიშანდობლივია, დასრულებისათვის საჭირო 200 000 რუბლი გაიღო ბაქოს მოსახლეობამ. ყველაზე მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ არსებული უთანხმოების შემდეგაც კი ამ დაფინანსების 75% შესწირეს ბაქოს მუსლიმმა მოსახლეობამ, მათ შორის 10 000 რუბლი ცნობილმა

ბაქოელმა მეცენატმა და მრეწველმა ზეინალაბდინ ტაგიევმა. 1 000 რუბლი კი - ბაქოს ებრაულმა სათვისტომომ.

უნებლიედ გვიჩნდება პარალელი თბილისის სობოროსთან მიმართებით, რომელიც დიდწილად იმპერიის დაფინანსებული იყო. სათანადო სახსრების უქონლობის გამო, არ იქნა უარყოფილი შრეტერისა და ჰუნის მიერ დაპროექტებული და კონკურსში გამარჯვებული, მაგრამ ძვირად ღირებული პროექტი?

თუმცა როგორც გაზეთი „კავკაზი“ 1871 წლის 44 ნომერში იუწყებოდა ტფილისის სობოროსათვის სამი დღის განმავლობაში გროვდებოდა შემოწირულობა, რომელსაც საძირკველთან არსებული ჯვრების წინ – ჭურჭელში ყრიდნენ, რომელმაც 51 მანეთი და 91 კაპიკი შეადგინა. დანარჩენ სახსრებს ყოველწლიურად 50 000 რუბლის ოდენობით სახელმწიფო ხაზინა გასცემდა (ე. ბუბულაშვილი. „მსოფლიო დიპლომატიის ისტორია“. „ქართული დიპლომატია“ წელიწადეული № 14).

ბაქოს ტაძარი 1898 წელს თბილისის სობოროს კურთხევიდან ერთი წლის შემდეგ დასრულდა. მისი გუმბათები, ჯვრები და თაღი ხალასი ოქროთი იყო მოპირკეთებული. სიმაღლე – 81, სიგრძე – 55მ, სიგანე – 44 მ იყო. 2 000 მლოცველს იტევდა.

ცენტრალური გუმბათი და სამრეკლო კარვისებრი გადახურვითა და ბოლქვისებრი თავებით ბოლოვდებოდა. ასევე ბოლქვისებრი იყო 4 მცირე გუმბათი. ამ ტაძარში უფრო მეტად იკვეთებოდა რუსული იერი, არსებული კოკოშნიკებითა და ჭრელი ბოლქვისებრი გუმბათებით, ვიდრე თბილისის სობოროს შემთხვევაში, რადგან თბილისის ტაძარი

უფრო ბიზანტიური იერის ფორმებით გამოირჩეოდა. როგორც თბილისის ტაძარი, ბაქოს ტაძარიც ასევე კომუნისტებმა 1937 წელს დაანგრიეს.

რაც შეეხება იმპერიის მასშტაბით თანადროულ ტაძრებს, რუსული იერის მატარებელი იყო თანადროული ტაძარი ვარშავაში, წმ. ალექსანდრე ნეველის სახელზე ნაკურთხი.

ტაძარი აშენდა ვარშავაში, რომელიც რუსეთის იმპერიის შემადგენლობაში შედიოდა 1815 წლიდან, როგორც ყველაზე დიდი ქალაქის კათედრალი. ვარშავის შემთხვევაშიც ამ ნაგებობას რუსეთის იმპერიის მადიდებელი როლი უნდა ეკისრა.

პროექტი ეკუთვნოდა ლეონტი ბენუას. ტაძრის შემოწირულობა გროვდებოდა მთელი იმპერიის მასშტაბით კერძო პირების მიერ, თავად წმ. იოანე კრონშტადტელის მიერ 13 500 რუბლი იქნა შემოწირული.

1900 წ. დასრულდა ტაძრის მშენებლობა. იგი იტევდა 2 500 მლოცველს. გეგმაში ეს ტაძარი კუბის ფორმის იყო, ექსტერიერში გამოკვეთილი ზაკომარებით. ამკობდა მუზარადისებრი გუმბათები, კოკოშნიკების არშიები გუმბათის ყელსა და კარნიზებზე, თუმცა ატარებდა ბიზანტიური სტილის ელემენტებსაც, ტაძარი ტიპურად სუზდალის ტაძრების იერით გამოირჩეოდა.

კიდევ ერთი საინტერესო თანადროული ნიმუშია ალ. ნეველის ტაძარი სოფიაში, ბულგარეთში. პროექტის ავტორია რუსი არქიტექტორი ივან ბოგომოლოვი და არქიტექტორი ალექსანდრ პომერანცევი. ტაძრის სიმაღლე 45 მეტრია, სამრეკლოსი – 53 მ, მთლიანი ფართობი – 3170 მ², იტევს 5000 მლოცველს. სამრეკლოზე 12 ზარია განთავსებული, რომელთა საერთო წონა 23 ტონაა. განსხვავებით წინ

ჩამოთვლილი ყველა ტაძრისაგან, ის არ დანგრეულა, დღემდე ტარდება საღმრთო მსახურებები და დღემდე ქალაქ სოფის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ღირსშესანიშნაობაა.

კრონშტადტის ნიკოლოზ სასწაულმოქმედის საზღვაო ტაძარი კიდევ ერთი ნეობიზანტიური სტილის ტაძარია ოდნავ მოგვიანო პერიოდში შექმნილი. ეს ტაძრი აიგო ნეობიზანტიური ტაძრების არქიტექტორის ვასილ კოსიაკოვის პროექტის მიხედვით, თუმცა დაპროექტებაში ასევე მონაწილეობდნენ ალექსანდრე ვიქსელი და ვლადიმერ შავერნოვსკი.

ტაძარი დახურეს 1929 წელს. 1930 წელს „საზეიმოდ“ ჩამოყარეს ტაძრიდან ზარები და ჯვრები და მოაწყვეს ანტირელიგიური მიტინგი. 1956 წელს გადააკეთეს 1250-ადგილიან საკონცერტო დარბაზად. ამბიონი გადააკეთეს საკონცერტო სცენად. 1974 გადააკეთეს მუზეუმად, ხოლო 2005 წლიდან, 75-წლიანი წყვეტის შემდეგ, ტარდება ღვთისმსახურებები და საზეიმო ლიტურგიები.

დასკვნა

რაც შეეხება თბილისის სობოროს, თქმა იმისა, რომ ტაძარი განსაკუთრებით გრანდიოზული იყო და უფორმო მასების ერთობლიობას წარმოადგენდა, არ მიგვაჩნია მართებულად, რადგან ეპოქის კონტექსტში განხილული თანადროული ტაძრების გრანდიოზულობა ჯერ თავად ბიზანტიური სტილის მახასიათებელია და, რა თქმა უნდა, ნეობიზანტიურ სტილსაც სწორედ ეს ხიბლავდა, ასევე იმპერიული ზრახვები და ამბიციები სწორედ ასეთ

მასშტაბებს მოითხოვდა. თუკი იმპერია ახორციელებდა არა გრანდიოზულ, არამედ ურბანულ გარემოსთან შედარებით უფრო შერწყმულ ზომებს, მაგალითად, ტვერელის ან წმ. იოანე ღვთისმეტყველის ტაძრების შემთხვევაში, მაშინ მივიღებდით მეორე, მოსახლეობაში მოარულ მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ თბილისში იმპერია ახორციელებდა მხოლოდ პროვინციული ტიპის ნაგებობების მშენებლობას. იკვეთება აზრი, რომ გალიზიანებას იწვევდა არა მასშტაბი და გრანდიოზულობა, რომლის მსგავსი მანამდე არ არსებობდა თბილისში (იმპერიის მიზანი ეს იყო), არამედ ის ფაქტი, რომ მას თბილისში დგამდა არა თავად ქართული მოსახლეობა, არამედ იმპერიული, დამპყრობელი სახელმწიფო. გამოდის, რომ როგორც თბილისის, ისე ბათუმის, ბაქოს, ვარშავის შემთხვევაშიც ტაძრები ინგრევა არა იმ მოტივით, რომ შეუსაბამოა გარემოსთან ან ათეისტურ-კომუნისტური სამყაროსათვის, არამედ იმიტომ, რომ აღნიშნულ მოსახლეობაში პროტესტს იწვევს იმპერიული ქვეტექსტი აღნიშნული გრანდიოზულობისა. მოსაზრებას ამყარებს ის ფაქტი, რომ კი არ დაინგრა, არამედ გადაკეთდა ტაძრები თავად რუსეთის ტერიტორიაზე იქ, სადაც რუსეთი, როგორც დამპყრობელი იმპერია არ წარმოადგენს ეროვნული გალიზიანების წყაროს.

რაც შეეხება ტაძრის ესთეტიკურ მხარეს, ნეობიზანტიური სტილის სიჭრელეს, რომელიც ასევე დაიწუნეს ქართველი ხელოვნებათმცოდნეებმა, ეს კიდევ ის სიჭრელე არაა, რაც შეეძლო შემოეთავაზებინა რუსეთის იმპერიულ გემოვნებას. გავიხსენოთ ჩვენ მიერ აღნიშნული კონსტანტინე ტონის პროექტები ან თუნდაც არქიტექტორ პარლანდის

ხსენებული ტაძარი „მაცხოვარი სისხლზე“, რომელიც ჭეშმარიტად რუსული არქიტექტურის შედეგია. იმპერიის მხრიდან არ იქნა შემოთავაზებული ასეთი პოლიქრომული სიჭრელი, არამედ მხოლოდ ორფერიაში, კონტრასტული, ტერაკოტისფერისა და ნაცრისფრის რიტმული მონაცვლეობა ჰორიზონტალური ზოლების სახით, რომელიც არ იქნებოდა ზედმეტად ჟღერადი, არამედ იქნებოდა შედარებით თავსებადი, თავშეკავებული თბილისურ გარემოსა და მრავალსაუკუნოვან ქართულ-ბიზანტიურ ტრადიციებთან. ან რატომ უნდა ყოფილიყო გამაღიზიანებელი ეს პოლიქრომულობა სობოროს შემთხვევაში, თუკი არავის აღიზიანებდა ზუსტად ასეთივე პოლიქრომულობა სობორომდე ერთი წლით ადრე, 1896 წელს ამენებულ ფსევდოდომავრიტანულ, შრეტერისეულ თბილისის ოპერისა და ბალეტის თეატრის შენობის შემთხვევაში ან თუნდაც ასევე ფსევდოდომავრიტანულ, გერმანულ არქიტექტორ პაულ შტერნისეულ 1882–1886 წლებში აგებულ ქალაქის ყოფილ სათათბიროს შენობასთან მიმართებით.

ლიტერატურა

1. Eremina T.S. The Russian Orthodox temple: History. Symbolism. Traditions. M. : Progress-Traditsiia. 2002, 160 p. (in Russian).
2. The new assembly of the troops of the Caucasus military district in the city of Tiflis. Caucasus. May 21, 1897. (in Russian).
3. URL: <https://b-tavberidze.livejournal.com/44032.html> (in Russian).
4. URL: <https://azerhistory.com/?p=8378> (in Russian).
5. URL: <http://inieberega.ru/node/756> (in Russian).
6. URL: <https://www.itinari.com/ru/the-alexander-nevsky-cathedral-in-sofia-nhba> (in Russian).
7. URL: <https://zen.yandex.ru/media/panevin/kronshtadtskii-morskoi-nikolskii-sobor-5ebe44e909f92703ddb9d1ba> (in Russian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

St. Alexander Nevsky military Cathedral in Tbilisi – „SOBORO”

Natia Asatiani Department of Architecture Basics and Theory, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: diana.masw@gmail.com

Diana Gratiashvili Department of Architectural Design and Urban Planning, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: natia57natia@gmail.com

Reviewers:

M. Davitaia, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: maia_davitaia@hotmail.com

M. Tevzadze, Doctor of Arts, Literary Editor, Shota Rustaveli Professional State Drama Theatre.

E-mail: m_tevzadze@mail.ru

Abstract. The article deals with St. Alexander Nevsky military temple "Cathedral", which at one time stood on the site of today's parliament building. The article reviews the history of its creation and the influence of the political environment and the construction of church buildings. The exterior and interior of the temple are also described. Named Russian artists, according to whose works are created the iconostasis and frescoes in the interior, painted by local artists. The innovations related to the improvement of the temple are described: the electrification and lighting system, heating and ventilation systems. A comparison is made with modern churches that were built throughout the Russian Empire during these years. The similarities and features common to neo-Byzantine temples are analyzed. The paper suggests the case if Tbilisi would have implemented any other projects built in other cities of the Empire in the same years. It was suggested that it would be acceptable and compatible to build the same temples in Tbilisi. How acceptable was the project that was built in Tbilisi, and for what reason the temple was destroyed.

Key words: Alexander Nevsky; architecture; Cathedral; dome; Neo-Byzantine style.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Военный Собор св. Александра Невского в Тбилиси

ნათია ასათიანი Департамент архитектурных основ и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: diana.masw@gmail.com

დიანა გრათიშვილი Департамент архитектурного планирования и урбанистики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: natia57natia@gmail.com

Рецензенты:

М. Давитая, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: maia_davitaia@hotmail.com

М. Тевзадзе, доктор искусствоведения, литературный редактор государственного драматического профессионального театра им. Руставели

E-mail: m_tevzadze@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются св. Александро-Невский военный храм "Собор", который в свое время стоял на месте сегодняшнего здания парламента. Обсуждается история его создания и влияние тогдашней политической среды на строительство церковных зданий. Описаны экстерьер и интерьер храма. Названы русские художники, по работам которых были созданы иконостас и фрески в интерьере, написанные местными художниками. Описано новшество, связанное с благоустройством храма, в частности: система электрификации и освещения, системы отопления и вентиляции. Проведено сравнение с современными ему храмами, которые были построены по всей Российской империи в эти годы. Анализируются сходства и особенности общие для нео-византийских храмов. В отчете дается гипотеза, что было бы если в Тбилиси были бы реализованы какие-либо другие проекты, построенные в других городах империи в те же годы. Было высказано предположение, насколько было бы приемлемо и совместимо строительство таких же храмов в Тбилисской среде. Насколько приемлем был тот проект, который был построен в Тбилиси, и по какой причине разрушили этот храм.

Ключевые слова: Архитектура; Александр-Невский; Купол; Нео-Византийский стиль Собор.

განხილვის თარიღი 29.06.2019

შემოსვლის თარიღი 30.06.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-151-158>

თბილისის წმ. მიხეილ ტვერელის სახელობის ტაძარი

დიანა გრატიაშვილი არქიტექტურული გეგმარებისა და ურბანისტიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: diana.masw@gmail.com

ნათია ასათიანი არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: natia57natia@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. ძიძიგური, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: maia.dzidziguri@yahoo.com

მ. თევზაძე, რუსთაველის სახელობის სახელმწიფო დრამატული პროფესიული თეატრის ლიტერატურული რედაქტორი, ხელოვნებათმცოდნეობის დოქტორი
E-mail: m_tevzadze@mail.ru

ანოტაცია. წმ. მიხეილ ტვერელის სახელობის ტაძარი რუსული სატაძრო ხუროთმოძღვრების ნიმუშია ქართულ სივრცეში. ტაძარი 1911–1913 წლებში აიგო. შემთხვევითი არ იყო, რომ რუსი ქტიტორების მიერ დაფინანსებული მშენებლობა სწორედ ამ ადგილას განხორციელდა. მთაწმინდის ფერდობზე აღმართული ტაძარი კიდევ ერთი „რუსული“ აქცენტი უნდა ყოფილიყო მამადავითის ეკლესიის (1859–1871 წლები) საპირწონედ.

როგორც თბილისის ენციკლოპედიურ ცნობარშია მითითებული, ამ ადგილს 1903–1904 წლების თბილისის გეგმაზე „ფერხულის გორა“ ეწოდება.

ტაძრის ადგილას კი ჯვარია დასმული. მეფისნაცვალ ვორონცოვ-დაშკოვის მეუღლის გრაფინია ელისაბედ ანდრეის ასულის პირადი სახსრებით და მესანგრე სამხედროების ძალებით დასრულდა ეკლესიამდე მისასვლელი გზის მშენებლობა, რომელსაც შემდგომ მეფისნაცვლის მეუღლის პატივსაცემად „ელისაბედის პროსპექტი“ უწოდეს. ტაძარში კედლების ფრესკული მოხატულობა ქართველი წმინდანების გამოსახულებით შესრულდა ტაძრის ამჟამინდელი წინამძღვრის მიერ.

საკვანძო სიტყვები: გუმბათი; კოკოშნიკი; ვორონცოვ-დაშკოვები; მიხეილ ტვერელი; რუსული ხუროთმოძღვრება.

შესავალი

წმ. მიხეილ ტვერელის ტაძარი აიგო იმ პერიოდში, როდესაც საქართველო რუსეთის იმპერიის ნაწილი იყო. ნიკოლოზ II -ის მეფობის ჟამს, თავად მეფე და მისი გარემოცვა არ ავლენდა მკაფიო სიმპატიას რომელიმე არქიტექტურული მიმდინარეობის მიმართ, ამიტომ ერთდროულად იგება ნეობიზანტიურიც და ნეოკლასიციკლური ნაგებობებიც.

რაც შეეხება იმპერიის ბოლო მონაკვეთს, ბოლო 20 წელიწადს, ხუროთმოძღვრებაში აღინიშნა მოდერნისა (არტნუვოს) და ნეოკლასიციზმის მზარდი აღმავლობა. ეს მიმართულებები ვითარდებოდა და დომინირებდა სამოქალაქო და კერძო არქიტექტურაში. გავლენის ეს ტალღა შეინიშნებოდა თბილისის სამოქალაქო არქიტექტურაშიც, მაგალითად, გოლოვინსკის ან სოლოლაკის, ან ნოი ტიფლისის (დღევანდელი მარჯანიშვილისა და აღმაშენებლის გამზირი), ან ალექსანდერდორფის (წერეთლის გამზირის მიდამოები) განაშენიანებაში, რომ აღარაფერი ვთქვათ, თბილისის გარდა, საქართველოს სხვა რეგიონებზე. ამდენად, გაჩნდა არტნუვოს სტილის უამრავი ახალი ნაგებობა, აგებული გერმანელი თუ პოლონელი არქიტექტორების თაოსნობითა და მონაწილეობით. სატაძრო, საეკლესიო ნაგებობებში ამ ახალმა მიმდინარეობამ ფეხი ვერ მოიკიდა ევროპული, კათოლიკური სატაძრო არქიტექტურისაგან განსხვავებით, სადაც თამამად შეიჭრა არტნუვო.

ძირითადი ნაწილი

თბილისის წმ. მიხეილ ტვერელის სახელობის ტაძარი, მაჩვენებლების მიხედვით, საშუალო ზომის ტაძარია და „ხომალდის ფორმის“ ნაგებობათა

რიცხვს მიეკუთვნება, რომელიც გრძივად ერთ ხაზზე განლაგებულ სატრაპეზოს, გუმბათქვეშა სივრცესა და საკურთხეველს მოიცავს. ასეთი ტიპის ტაძრებს რუსები, „корабль“ უწოდებენ.

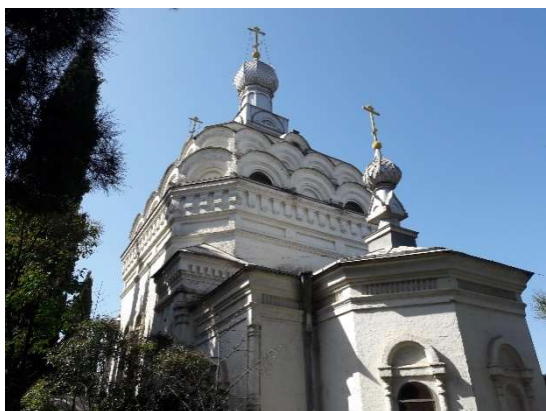
ტაძარი აშენდა კავკასიის მთავარმართებლის, გრაფ ვორონცოვ - დაშკოვის მმართველობის პერიოდში. ამ ტაძრის აღმშენებლობის ისტორია შემდეგია:

სულიერი განმანათლებლების წრის წევრებმა 1896 წლის 8 დეკემბერს გახსნეს თეოდოსი ჩერნიგოველის სახელზე ნაკურთხი სამლოცველო სახლი, რომელიც შემდგომ, 1897 წელს, გადაკეთდა სამოსახლო ეკლესიად ეპარქიალურ-მისიონერული სამმოს მიერ, ხოლო იკურთხა 1900 წელს. მისიონერთა სამმოს საბჭომ გადაწყვიტა ამავე მიდამოებში აეშენებინა უფრო გამძლე, დამოუკიდებელი ტაძარი. ამისათვის დაიწყო შესაფერისი მიწის ნაკვეთის ძიება. თავადის ქალი ე.დ. ხიმშიევა და მისი ვაჟი გენერალ-ლეიტენანტი გ.ს. ხიმშიევი დათანხმდნენ, რომ სამმოსთვის შეეწირათ 339 კვ საჟენი მიწის ნაკვეთი. 1906 წლის 19 აპრილს ამ ადგილას საფუძველი ჩაეყარა თეოდოსი ჩერნიგოველის ახალი ქვის ეკლესიის მშენებლობას. 1908 წლამდე ფუნდამენტის მოწყობას, სამაგრი კედლის აღმართვას და მოედნის მოწორებას დასჭირდა 7002 რუბლი და 17 კაპიკი სამმოს თანხიდან, რაც ხელთარსებული მთელი კაპიტალი იყო. ამის გამო, ტაძრის მშენებლობა 1910 წლამდე შეფერხდა.

ქტიტორები

მთავარმართებლის მეუღლემ, სტას დამამ, გრაფინია ელიზავეტა ანდრეევნა ვორონცოვ-დაშკოვამ, რომელიც კარგად იცნობდა მისიონერთა სამმოს სიძნელეს და შეფერხებას, ტაძრის მშენებლობასთან

დაკავშირებით, სურვილი გამოთქვა საკუთარი სახსრებიდან გამოეყო თანხა ტაძრის შავი სამუშაოს დასრულებისთვის. მოითხოვა მიახლოებითი ანგარიში შავი სამუშაოებისთვის და ეტაპობრივად შესწირა ტაძარს 20 000 რუბლი. ამ დღიდან გაგრძელდა ტაძრის სამშენებლო სამუშაოები, ტაძრამდე მიიყვანეს გზა ბორბლიანი საშუალებებისთვის.



გაზეთ „კავკაზსკიი ვესნიკ-ის“ 25 თებერვლის (კურთხევის მეორე დღეს) ნომერი აშუქებს ტაძრის კურთხევას. „ტაძარი მეტად ლამაზი არქიტექტურისაა, შეუძლია დაიტოს 200 მლოცველი, ხატები ჯერ მცირე რაოდენობითაა. იკონოსტასთან არის ორი ხატი: ერთი წმ.მიხეილ ტვერელის და მისი მეუღლის, ნეტარი ანა კაშინსკაიასი, ხოლო მეორე – ღირსი მამა ილარიონის და მართალ ელიზავეტასი,

რადგან ამ წმინდანების სახელს ატარებენ ტაძრის აღმშენებელნი ვორონცოვ-დაშკოვები. ტაძრის შემოგარენში მრავლადაა თავისუფალი სივრცე,“ – აღნიშნავს იმ დროისთვის გაზეთი.

თუმცა დღესდღეობით ვითარება საგანგაშოა, ახალი მრავალსართულიანი ნაგებობისთვის სამირკველი ტაძართან იმდენად ახლოს ითხრება, რომ ტაძარს საფრთხეს უქმნის. ეს ნაგებობა დასრულების შემდეგ, სავარაუდოდ, თავისი სიმაღლით გადაფარავს ტაძრის ხილვადობას ქალაქის სხვადასხვა მონაკვეთიდან.

ტაძრის არქიტექტურული ანალიზი

ნაგებობა აგურითაა ნაშენი. აგურის წყობა საშუალებას იძლევა ექსტერიერში გამოისახოს სხვადასხვა არქიტექტურული დეტალი. ტაძარი ისევე, როგორც იოანე ღვთისმეტყველის ტაძარი ქიაჩელის ქუჩაზე, გარედან თეთრადაა შეღებილი, რუსული ტრადიციის კვალდაკვალ. ზომით მცირედ ჩამორჩება იოანე ღვთისმეტყველის რუსულ ტაძარს. გარე სივრცეში, ღვთისმეტყველის ტაძრისგან განსხვავებით, ოთხ იარუსად შეიძლება დაიყოს. პირველი არის ტაძრის ქვედა სართული, რომელიც ამჟამად დამხმარე ნაგებობაა. იგი ერთგვარი კვარცხლბეკია საკუთრივ ტაძრის მთავარი სივრცისათვის. ეს კვარცხლბეკი გრუნტის ფენებშია შედგმული იმგვარად, რომ მისი მხოლოდ ჩრდილოეთი მხარე იკითხება.

ტაძრამდე მისასვლელი გზა ისეა მოწყობილი, რომ ვიწროალმართიანი ქუჩით ავდივართ ასევე ვიწრო კიბეებზე. ტაძრის ქვედა სართულზე დამხმარე სათავსებია მოწყობილი. აქვე შევნიშნავთ, რომ ტაძრის შემოგარენში თავის დროზე დაირგა ოცდაცამეტი კვიპაროსის ხე მაცხოვრის ამქვეყნიური

წლების რაოდენობის აღსანიშნავად.

ტაძრის ქვედა სართულის სიბრტყიდან ვიწრო კიბეებით ავდივართ ტაძრის მთავარ სიბრტყეზე, ჩრდილოეთის კედელთან. ამ სიბრტყეზე შეუძლებელია ტაძრის ირგვლივ შემოვლა, რადგან როგორც აღინიშნა, ბუნებრივი ლანდშაფტი არ იძლევა ამის საშუალებას. ქვედა სართული შედგმულია კლდეში, ხოლო პირველი სართულის დონეზე, სადაც მთავარი სიბრტყეა, ეზო ტაძარს სამი მხრიდან აკრავს.

ტაძარს ოთხი შესასვლელი აქვს, ორი ჩრდილოეთის და ორიც სამხრეთის მხრიდან. ისინი გეგმაში გრძივი, ცენტრალური ღერძის მიმართ სიმეტრიულადაა განლაგებული. ოთხივე მათგანი ექსტერიერში ერთნაირი პორტიკითაა გამოყოფილი და ქვის მასიური კიბეებით ემყარება ეზოს სივრცეს. ოთხივე პორტიკს აქვს ქვის კუბებზე დამყარებული მსხლის ფორმის ბალასინები. ამგვარივე მსხლის ფორმის პილასტრებითაა ეს თაღისებრი პორტიკები მიდგმული ტაძრის კედელზე.

ამ ოთხივე შესასვლელში თაღისებრი ღიობია, რომლის ზემოთ მარაოსებრი სარკმელია, საიდანაც ტაძარში შემოდის სინათლე, ამ მარაოსებრი სარკმლების ქვეშ ოთხივე თაღში რკინის კარია.

ამჟამად შესასვლელი სამხრეთ-დასავლეთი კარიდანაა, საიდანაც ვხვდებით ჯერ სტოაში, რომელიც ასევე მრგვალი თაღითაა შემოსაზღვრული, შემდეგ ტაძრის შიგა სივრცეში. სტოასა და შიგა სივრცეს შორის სატრაპეზოს მონაკვეთში არსებულ ორივე კარს ერთნაირი, სიმეტრიული ხის შემინული მარაოსებრი კარი ამშვენებს.

შესასვლელიდან მარცხნივ რკინის ხვეული კიბეადის პატრონიკესა და კიდევ უფრო ზევით სამრეკლოზე. ასასვლელი კარის გვერდით არის მცირე

სარკმელი, საიდანაც შეიძლება სანთლების, ხატებისა და საეკლესიო წიგნების შექმნა.

აღნიშნული შესასვლელიდან ვხვდებით ტაძრის ე.წ. სატრაპეზოში. როგორც უკვე აღინიშნა, სატრაპეზოს „ხომალდის ფორმის“ რუსული ტაძრების შემთხვევაში ემახიან იმ შიგა, მოგრძო ფორმის სივრცეს, რომელსაც მივყავართ ცენტრალურ კუბთან, რომელიც, თავის მხრივ, გუმბათითაა დაგვირგვინებული.

სატრაპეზოს სიგრძე მიუყვება ორივე მხრიდან ორ-ორი თაღისებრი ფორმის ფართო სარკმლები, რომლებიც ორნამენტული რკინის გისოსებით არის დაცული და მის ქვეშ ასევე მარაოსებრი ფორმის ვიტრაჟული სარკმლებია ჩასმული. სწორედ ამ გრძივი სატრაპეზოს თავზე ცილინდრული კამარის ქვეშაა მოთავსებული პატრონიკე.

ცენტრალური კუბი ერთ დიდ, მთლიან, ხალვათ სივრცეს ქმნის. იგი ოთხივე მხრიდან მაღალი, ორმაგი პერსპექტიული თაღებითაა შემოსაზღვრული. გადასვლა თაღებიდან გუმბათის სივრცეში აფრებით ხორციელდება. გუმბათი შიგა სივრცეში განსხვავებული ფორმისაა, ვიდრე ეს რუსულ ტაძრებს ახასიათებს. ამ შემთხვევაში გუმბათი ბიზანტიურ ტაძრებთან მსგავსებას ავლენს და გუმბათის ყელის გარეშე უკავშირდება პანდატივებს. გუმბათს სფერული ფორმა აქვს და მასში რვა თაღისებრი სარკმელია გაჭრილი.

გუმბათქვეშა სივრცე სავსეა შუქით, რომელიც შემოდის როგორც გუმბათის აღნიშნული სარკმლებიდან, ისე ჩრდილოეთისა და სამხრეთის თაღების ქვეშ არსებული სარკმლებიდანაც. ცენტრალური კუბის ორივე მხარეს არსებული კარის მარაოსებრი სარკმლის თავზე, მთავარი თაღის, ზაკომარას ქვეშ

მცირე თაღისებრი სარკმლებია გამოჭრილი. ზუსტად იმეორებს იმ ვიტრაჟულ ფორმას, რომელიც შეგვხვდა გრძივ სატრაპეზოში. სადამოს საათებში ტაძარი ნათდება გუმბათიდან ჩამოშვებული დიდი ქორკანდელით, რომელიც თანამედროვე ფორმისაა, თუმცა არ ქმნის დისონანსს ინტერიერში. ქორკანდელი ჩამოშვებულია გუმბათის ცენტრიდან იქ, სადაც „ჯვრის ამაღლების“ ფრესკული კომპოზიციისაა გამოსახული.

საკურთხევლის წინ არსებული სამსაფეხურიანი ოვალური ამბიონი რკინის ჭვირული მოაჯირით არის გამიჯნული ძირითადი სივრცისგან. საკურთხეველს ამკობს სამიარუსიანი, ოქროსფერი იკონოსტასი, რომელიც თაღის, ზაკომარას მთელ სიმაღლეს წვდება.

იკონოსტასის პირველ იარუსზე ტრადიციულად განლაგებულია მაცხოვრისა და ღვთისმშობლის ხატები და ასევე იმ წმინდანის ხატი, რომელსაც ტაძარი ეძღვნება – წმ. მიხეილ ტვერელის.

ცენტრში აღსავლის კარზე მედალიონებში ჩასმული ხატების გამოსახულებებია და ტრადიციულად ხარების ანგელოზი. აღსავლის კარის თავზე, როგორც წესი, ზიარების კომპოზიციისაა, მის ქვემოთ კი – რელიეფურადაა გამოსახული ოქროსფერი მტრედი სხივებით.

მეორე იარუსზე სახარებისეული სიუჟეტები და წმინდა დღესასწაულების სცენებია, ხოლო მესამე იარუსზე სამ-სამად დაჯგუფებული ათთორმეტი მოციქულის გამოსახულებებია. ცენტრში აღსაყდრებული მაცხოვარია, ხოლო იკონოსტასს წესისამებრ აგვირგვინებს ჯვარი.

ტაძრის ინტერიერი აქამდე მოხატული არ ყოფილა. მისი კედლები ქვედა რეგისტრში შეღებილია თბილი ნარინჯისფერით, ხოლო ზედა რეგისტრში

– თეთრი ფერით. ფრესკების არარსებობის გამო, ტაძრის ინტერიერში ხატები განთავსებული იყო კიოტებში.

ყველაზე საყურადღებოა ის ხატი, რომელიც რუსეთის იმპერატორმა ნიკოლოზ მეორემ შესწირა ტაძარს 1914 წელს. ეს გახლავთ ივერიის ღვთისმშობლის ხატი, რომელიც ჯერ ვერცხლის ჭედურ პერანგში იყო ჩასმული, ხოლო შემდგომ – ხის კიოტში.

ასევე კიოტებშია ჩაბრძანებული წმ. მიხეილ ტვერელისა და მისი მეუღლე ანა კამინსკაიას ხატი. ტაძრის განსაკუთრებულ სიწმინდეს წარმოადგენს ლუსკუმი, რომელშიც წმ. მიხეილ ტვერელის წმინდა ნაწილია ჩაბრძანებული და მისივე ხატია გამოსახული. ლუსკუმას გარედან „სტაროსლავიანურ“ რუსული ასოებით შესრულებული წარწერა აქვს. ეს წმინდა ნაწილები ტვერელის ლავრიდანაა ჩამობრძანებული.

საინტერესოა ის ფაქტი, რომ დღეის მდგომარეობით ტაძარში ფრესკული მოხატულობები სრულდება. ამ ხატწერას ასრულებს ტაძრის წინამძღვარი, მამა ალექსანდრე ჩახვაშვილი. საკურთხევლის აფსიდში ვედრების კომპოზიციისაა წარმოდგენილი, შუაში უფალი იესო ქრისტე და მის ორივე მხარეს – წმ. ღვთისმშობელი და წმ. იოანე მახარობელი, თუმცა ეს კომპოზიცია ტაძრის სივრციდან არ იკითხება. მას ეფარება რუსული წესისამებრ აღმართული იკონოსტასი, რომელიც მთელ გუმბათისქვეშა თაღის სიმაღლეს სწვდება.

გუმბათის სივრცეში ჯვრის ამაღლების კომპოზიციისაა ლურჯი ლაჟვარდის ფონზე, ოთხი ზეციური ანგელოზის და წრეში ჩაწერილი ჯვრის გამოსახულებით.

შესასვლელში, აღმოსავლეთის კედელზე ღვთისმშობლის მიძინების კომპოზიციისაა შესრულებული. შესასვლელის პირდაპირ, სატრაპეზოს კედელზე

წმ. მეფე მირიანის და წმ. დედოფალ ნანას გამოსახულებებია მთელი სიმაღლით, ჯერჯერობით გრაფიკული კონტურით. მათ გვერდით, უკვე დასრულებული სახით, წმ. მეფე დავით აღმაშენებლის ფრესკაა. ეს ფრესკა ანალოგია გელათის საქტიტორო გამოსახულებისა, თუმცა გელათის ფრესკისგან განსხვავებით, ალბათ მოსახატი სივრცის სიმცირიდან გამომდინარე, წმინდა მეფეს ხელში არა ტაძრის მაკეტი, არამედ გრაგნილზე შესრულებული ტაძრის გეგმა უჭირავს. მის მოპირდაპირე კედელზე თამარ მეფის გამოსახულებაა, რომელიც ბეთანიის ფრესკის ანალოგია, მხოლოდ ამ შემთხვევაში ვედრების კომპოზიცია ტაძრის საკურთხევისკენაა მიმართული. მის გვერდზე წმინდანების გამოსახულებები ჯერჯერობით გრაფიკული კონტურის სახითაა.

დასკვნა

ტაძარი ზომით დიდი ტაძრების რიგს განეკუთვნება. იერით არის ცალსახად რუსული სტილის,

კომპოზიციურად თვითმყოფადი და დახვეწილი. მართალია, ტაძარს ჰყავს არა მხოლოდ ქართულენოვანი, არამედ რუსულენოვანი მრევლიც, მაგრამ წირვა-ლოცვა ქართულ ენაზე მიმდინარეობს. ასევე ქართულ ენაზე სრულდება გალობა. ტაძრის ინტერიერი ქართულ იერს იძენს. ექსტერიერი, ზოგიერთი რუსული ტაძრისაგან განსხვავებით, გადაკეთდა და ავთენტურია იმ იერისა, რომელიც აშენებისას ჰქონდა. ის ჩანაფიქრი, რომ რუსული ტაძარი რუსულ ტრადიციებს დაამკვიდრებდა იმპერიის ტერიტორიაზე საქართველოს შემთხვევაში ვერ განხორციელდა. სახეზეა ფაქტი, რომ შენარჩუნებულია არქიტექტურული იერი, ხოლო ინტერიერში ქართული ხატებია და ღვთისმსახურება ქართულად აღსრულება! წმინდანს კი ვის სახელზეცაა ტაძარი ნაკურთხი, საკადრისი პატივი მიეგო წმინდანების ზეციურ სამყოფელში ზეციურ იერარქიაში კი ეროვნულობა არ არსებობს და ყოველი ლოცვა და წმინდა ლიტურგია ყველა მოხსენიებულისთვის თანაბრად აღველინება.

ლიტერატურა

1. Eremina T.S. The Russian Orthodox temple: History. Symbolism. Traditions. M.: Progress-Traditsiia. 2002, 160 p. (in Russian).
2. Newspaper “The Caucasian Herald”. 25 february, 1913. (in Georgian).
3. URL: <http://www.orthodoxy.ge/tsnobarebi/tadzrebi/tvereli.htm> (in Georgian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

The Church of St. Michael of Tver in Tbilisi

Diana Gratiashvili Department of Architecture Basics and Theory, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: diana.masw@gmail.com

Natia Asatiani Department of Basics of Architecture, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: natia57natia@gmail.com

Reviewers:

M. Dzidziguri, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU
E-mail: maia.dzidziguri@yahoo.com

M. Tevzadze, Doctor of Arts, Literary Editor, Shota Rustaveli Professional State Drama Theatre.
E-mail: m_tevzadze@mail.ru

Abstract. The Church of St. Michael of Tver is an example of Russian church architecture in Georgian space. The temple was built in 1911-1913, financed by Russian donors, Countess Elizaveta Andreevna, Vorontsova-Dashkova, and the King's governor in the Caucasus, Illarion Vorontsov-Dashkova. The temple, built on the slope of Mtatsminda, was supposed to be another "Russian" accent, as opposed to the Georgian church of Mamadaviti (1859–1871).

As indicated in the encyclopedic reference book of Tbilisi, according to the plan of Tbilisi in 1903-1904, this place is called "woman's meadow". The construction of the road to the church was completed at the expense of the personal funds of Countess Elizabeth Andreevna, Countess Vorontsova-Dashkova, and was later renamed "Elizabeth Avenue" in honor of the wife of the King's governor. The frescoes on the walls of the temple with the images of Georgian saints are being written by the current Dean.

Key words: Architecture; dome; kokoshnick; Michael of Tver; Russian church architecture; the Vorontsov-Dashkovs.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Церковь Михаила Тверского в Тбилиси

Диана Гратишвили Департамент архитектурного планирования и урбанистики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: diana.masw@gmail.com

ნათია ასათიანი Департамент архитектурных основ и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: natia57natia@gmail.com

Рецензенты:

М. Дзидзигური, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: maia.dzidziguri@yahoo.com

М. Тевзадзе, доктор искусствоведения, литературный редактор государственного драматического профессионального театра им. Руставели

E-mail: m_tevzadze@mail.ru

Аннотация. Церковь Св. Михаила Тверского – пример русской церковной архитектуры в грузинском пространстве. Храм был построен в 1911-1913 годах. Не случайно в этом месте велось строительство, финансируемое российскими донорами графини Елизаветы Андреевны, графини Воронцовой-Дашковой и царского наместника на Кавказе Иллариона Воронцова-Дашкова. Храм, возведенный на склоне Мтацминда, должен был стать еще одним «русским» акцентом в противовес грузинской церкви Мамадавити (1859–1871).

Как указывается в энциклопедическом справочнике Тбилиси, по плану Тбилиси 1903-1904 годов это место называется "бабьин луг". Строительство дороги к церкви было завершено за счет личных средств графини Елизаветы Андреевны, графини Воронцовой-Дашковой, и позднее было переименовано в "Елизаветинскую авеню" в честь жены царского наместника. Фрески на стенах храма с изображением грузинских святых пишутся действующим главой церкви.

Ключевые слова: русская церковная архитектура, Михаил Тверской, купол, кокошники, Воронцовы-Дашковы.

განხილვის თარიღი 29.06.2019

შემოსვლის თარიღი 30.06.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-159-164>

ურბანული სიმჭიდროვის მართვის მეთოდები

გიორგი ლოთიშვილი არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: naormala@gmail.com

რეცენზენტები:

ვ. ფირცხალავა, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: Vakho714@gmail.com

დ. ბოსტანაშვილი, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: D.bostanashvili@gtu.ge

ანოტაცია. ურბანული სიმჭიდროვის რეგულირება უაღრესად მნიშვნელოვანი საკითხია დღევანდელ მსოფლიოში. მოსახლეობის ზრდამ და თანამედროვე სამშენებლო ტექნოლოგიების განვითარებამ გამოიწვია ურბანული სიმჭიდროვების გადამეტება, რაც უარყოფითად აისახა ქალაქების ეკოლოგიურ და სოციალურ საკითხებზე. აღნიშნული ტენდენცია დღესაც გრძელდება და საჭიროებს მშენებლობის მარეგულირებელი დოკუმენტების გაუმჯობესებას აღნიშნული მიმართულებით. სტატიაში აღწერილია სიმჭიდროვებთან დაკავშირებული პრობლემური საკითხები, რომლებიც ასევე უკავშირდება შენობა-ნაგებობებში ავტოსადგომების რაოდენობასაც. განხილულია ინტენსიურობის

დათვლის არსებული მეთოდი, მისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, მისი გავლენა ქალაქგეგმარებით პროცესებზე და შემოთავაზებულია ახალი მეთოდი, რომელიც გაუმკლავდება ამ სფეროში არსებულ გამოწვევებს. აღნიშნული მეთოდის მოქმედების მექანიზმი განსხვავდება დღეს არსებული მეთოდისაგან და აუმჯობესებს შენობათა ფართობის გამოთვლას. შემოტანილია შენობის ფუნქციის ცნება და სიმჭიდროვის ანგარიში გადაწყვეტის ფუნქციური ზონების მიხედვით, დამკავებელთა რაოდენობის გამოთვლის პრინციპზე.

საკვანძო სიტყვები: დამკავებელი; რეგულირების; სიმჭიდროვე; ფუნქციური ჯგუფი; ფუნქციური ზონა.

შესავალი

ურბანულ სივრცეში სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება სიმჭიდროვის რეგულირება. მსოფლიოში თანამედროვე სამშენებლო ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მაღლივი შენობა-ნაგებობების მშენებლობა, რაც მცირე მიწის ნაკვეთზე უფრო მეტი ადამიანის სამყოფი სივრცეების შექმნის საშუალებას იძლევა. ეს პირდაპირ კავშირშია ტერიტორიის დამკავებელთა რაოდენობასთან. ურბანული სიმჭიდროვე ადამიანთა სამყოფი სივრცის ხარისხის განსაზღვრის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია. აუცილებელია მისი რეგულირება და მართვა, რათა შენარჩუნდეს განაშენიანებულ ტერიტორიებზე სიმჭიდროვის მაქსიმალური ზღვრები.

საქართველოში სიმჭიდროვეთა რეგულირება ხორციელდება შენობა-ნაგებობის ფართობისა და მიწის ნაკვეთის ფართობის ურთიერთშეფარდებით. ამ მეთოდით დგინდება შენობა-ნაგებობის სართულების მაქსიმალური ფართობი, რაც დაკავშირებულია მის მოცულობასთან. ეს მეთოდი დანერგილია მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და არეგულირებს ურბანულ სიმჭიდროვეს.

სიმჭიდროვის მაქსიმალური ზღვარი რეგულირდება კ-2 კოეფიციენტით [1 გვ. 12], რომელიც საცხოვრებელ ზონებში დომინირებული სახის შენობების სიმჭიდროვის შენარჩუნებას ახდენს, მაგრამ ასეთი მიდგომა უძლურია იმ შემთხვევაში, როდესაც საქმე ეხება საცხოვრებელ ზონებში არადომინირებული სახეობის შენობა-ნაგებობისთვის სიმჭიდროვის მაქსიმუმის შეზღუდვას და საზოგადოებრივ-საქმიან

ზონებში შენობა-ნაგებობების სიმჭიდროვის მაქსიმუმის განსაზღვრას. მაგალითად, მრავალბინიანი საცხოვრებელი სახლის ფუნქციის შენობა-ნაგებობაში გაჩნდა რამდენიმე სართული სხვა ფუნქციის სივრცეები, ასეთ შემთხვევაში ნაგებობაში არსებულ დამკავებელთა რაოდენობა რადიკალურად განსხვავდება სტანდარტული მონაცემებისგან. თუ ნაგებობას აქვს ერთზე მეტი ფუნქცია – კ-2 კოეფიციენტით [1] სიმჭიდროვის რეგულირება შეუძლებელია. ასეთი შენობა-ნაგებობები და მათში არასწორად განსაზღვრული დამკავებელთა რაოდენობა მცდარ მონაცემებს იძლევა დიდ მასშტაბებზე, ეს კი, თავის მხრივ, ცუდ გავლენას ახდენს ადამიანების სამყოფ გარემოზე. საჭიროა უფრო ზუსტი მეთოდების გამოყენება, რაც ტერიტორიაზე რეალური სიმჭიდროვის გამოთვლის საშუალებას მოგვცემს.

ძირითადი ნაწილი

სიმჭიდროვის რეგულირებისათვის აუცილებელი ხდება დაკონკრეტდეს სივრცის დანიშნულება, რომელიც ჩამოყალიბდება ფუნქციური ჯგუფების სახით და დადგინდება ერთი დამკავებლისთვის საჭირო მინიმალური ფართობი, რომელიც სხვადასხვა ფუნქციურ ჯგუფში განსხვავებულია. მაგალითად, საცხოვრებელ სივრცეში ადამიანს სჭირდება განსხვავებული ფართობი, ვიდრე სავაჭრო ან სხვა ფუნქციის სივრცეში. აღნიშნული მეთოდით დამკავებელთა რაოდენობის გამოთვლა ხდება საერთაშორისო სამშენებლო წესებში [2, 1004-ე ქვეთავი] და ეს მეთოდი გამოყენებულია შენობის შიგა სივრცეების დაგეგმარებისათვის, სადაც გათვალისწინებული

ლია გასასვლელი საშუალებების გამტარუნარიანობა და სხვა. სრულიად შესაძლებელია მსგავსი მეთოდის გამოყენება ქალაქგეგმარებითი თვალსაზრისით. ეს მეთოდი სიმჭიდროვის გამოთვლის მექანიზმში შეიტანს სივრცის ფუნქციის კომპონენტს, რაც გამოასწორებს იმ ნაკლს, რომელიც აქვს დღევანდელი სიმჭიდროვის დათვლის მეთოდს.

საჭიროა განისაზღვროს საქართველოს ქალაქებში არსებული ფუნქციური ზონების [1, მე-14 მუხლი] სიმჭიდროვის ზღვრები და დადგინდეს დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც დასაშვებია სხვადასხვა ფუნქციურ ზონაში და თითოეულ ფუნქციურ ზონას მიენიჭოს შესაბამისი კოეფიციენტი. თუ მიწის ნაკვეთზე მდებარეობს რამდენიმე ფუნქციური ზონა – თითოეული ზონის მიწის ნაკვეთზე მოქცეული ფართობის მიხედვით გამოითვლება დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობა საპროექტო მიწის ნაკვეთისთვის და მასზე განლაგებულ ნაგებობას დაუდგინდება დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობის შეზღუდვა საპროექტო მიწის ნაკვეთის მოთხოვნების შესაბამისად. ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელი გახდება ჩამოყალიბდეს ფორმულა, რომლის მეშვეობითაც გამოვთვლით შენობის მაქსიმალურ ფართობს მისი ფუნქციის გათვალისწინებით.

არქიტექტურული პროექტების შედგენისას გასათვალისწინებელია ინფორმაცია მიწის ნაკვეთზე დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობის შესახებ და შენობა-ნაგებობისთვის განსაზღვრული დამკვეთებელთა რაოდენობა არ უნდა აჭარბებდეს ნაკვეთისთვის დადგენილ ზღვარს, რომელიც გამოითვლება ნაკვეთის ფართობისა და ნაკვეთზე გავრცე-

ლებული ფუნქციური ზონის დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობის განმსაზღვრელი კოეფიციენტის ნამრავლით. ასევე, შენობის დამკვეთებელთა რაოდენობა გამოითვლება თითოეული სართულის გარე პერიმეტრის შიგნით მოქცეული ფართობის გაყოფით მისი ფუნქციური ჯგუფის კოეფიციენტზე. სართულების დამკვეთებელთა რაოდენობის დაჯამებით მივიღებთ მთლიანი შენობის დამკვეთებელთა რაოდენობას. სართულზე შერეული ფუნქციის შემთხვევაში საჭიროა გამოითვალოს თითოეული ფუნქციის პროცენტული მაჩვენებელი და პროცენტულობით განსაზღვრული ფართობი გაიყოს შესაბამისი ფუნქციური ჯგუფის კოეფიციენტზე. როდესაც ფუნქციურ ზონაში ზონალური გადაწყვეტილებით დაშვებულია რამე სხვა ფუნქციის ნაგებობა – ზონისთვის დადგენილი დამკვეთებელთა მაქსიმალური რაოდენობა უნდა იქნეს დაცული. ამით მოხდება ტერიტორიებზე სიმჭიდროვეების დასაშვები ზღვრების შენარჩუნება.

სიმჭიდროვის მართვის ახალი მეთოდი ასევე წარმატებულად ერგება ავტოსადგომების აუცილებელი რაოდენობის საკითხს. დღევანდელი რეგულაციებით ავტოსადგომების რაოდენობა დაკავშირებულია კ-2 კოეფიციენტთან [1] და მოეთხოვება მხოლოდ მრავალბინიანი საცხოვრებელი სახლის ფუნქციის შენობებს, სადაც ყოველ 150 ან 180 კვადრატულ მეტრ კ-2-ის ფართობზე ერთი ავტოსადგომი იანგარიშება.

აქ იკვეთება რამდენიმე შეუსაბამობა:

1. დაუშვებელია, მხოლოდ მრავალბინიან საცხოვრებელ სახლებს მოეთხოვებოდეს სავალდებულო ავტოსადგომები. აუცილებელია სხვა ფუნქციებსაც ჰქონდეს იგივე მოთხოვნა.

2. კ-2 კოეფიციენტზე ავტოსადგომების რაოდენობის მიზმა არალოგიკურია, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კ-2 კოეფიციენტის ფართობზე სხვადასხვა ფუნქციის სივრცეში განსხვავებული რაოდენობის დამკავებლები იგულისხმებიან, რაც ავტოსადგომების რაოდენობის განსხვავებულ მაჩვენებელს იძლევა.

ნაგებობაში არსებული (არა ცალკე მდგომი) ავტოსადგომები, რომლებიც ემსახურება კონკრეტულ ფუნქციურ ჯგუფებს, არ ზრდის დამკავებელთა რაოდენობას. ასეთ ავტოსადგომებზე განთავსებულია ძირითადად ის ავტომობილები, რომლებიც ემსახურება იმ შენობაში მყოფ დამკავებელს. ასეთ შემთხვევაში, დამკავებელთა რაოდენობის გამოთვლისას, ავტოსადგომების ანგარიშში გათვალისწინება არამართებული იქნება, თუმცა არის ამ კომპონენტის არაკეთილსინდისიერად გამოყენების რისკი. შესაძლოა გაჩნდეს ავტოსადგომები, რომელიც არ ჩაითვლება დამკავებელთა რაოდენობის ანგარიშში და რეალურად ის ფართობი გამოყენებულ იქნეს სხვა ფუნქციით, რომელიც სიმჭიდროვეს ზრდის. ასეთი მეთოდით სარგებლის ნახვის უამრავი ფაქტი არსებობს დღევანდელ სამშენებლო სფეროში და აუცილებელია გამოიძებნოს გზა ამ საკითხების დასარეგულირებლად.

საჭიროა დადგინდეს კვლევებით ავტოსადგომებისა და დამკავებელთა რაოდენობის თანაფარდობა სხვადასხვა ფუნქციურ ჯგუფში, რაც საშუალებას მოგვცემს კონკრეტულ ფუნქციურ ჯგუფებს

მოეთხოვოს აუცილებელი ავტოსადგომების რაოდენობა, რომელიც დაკავშირებული იქნება დამკავებელთა რაოდენობასთან.

დასკვნა

სიმჭიდროვეების დათვლის ასეთი მეთოდი ურბანული თვალსაზრისით დადებით შედეგს მოიტანს. შესაძლებელი გახდება ტერიტორიისთვის დადგენილ ფუნქციურ ზონაში დაშვებულ იქნეს სხვადასხვა ფუნქციის შენობა-ნაგებობები და არ მოხდეს ფუნქციური ზონისთვის დადგენილი სიმჭიდროვეების გადაჭარბება.

უკეთესად დარეგულირდება ავტოსადგომებისა და ავტომობილების რაოდენობის თანაფარდობა. ბევრად მაღალი სიზუსტით მოხდება კონკრეტული ტერიტორიების სიმჭიდროვის განსაზღვრა და, შესაბამისად, უკეთესად განხორციელდება საავტომობილო ნაკადების გამოთვლა.

დამკავებელთა რაოდენობის შესახებ ინფორმაცია დადებითად იმოქმედებს სხვადასხვა კომუნიკაციის მოწყობის საკითხზეც და გაამარტივებს მათ დაგეგმარებას.

შესაძლებელი გახდება სტატისტიკური კვლევების უფრო აქტიურად გამოყენება, რათა დასახლებებში სწორად დაიგეგმოს სხვადასხვა ფუნქციის სივრცეები. განისაზღვროს სკოლებისა და ბაღების, კომერციული, სპორტულ-გამაჯანსაღებელი, აფთიაქების, კვების ობიექტების, ბანკების და სხვა უამრავი ფუნქციის სივრცეების რაოდენობა, ფართობი და სხვა.

ლიტერატურა

1. URL: <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/3292207?publication=0> (in Georgian).
 2. URL: <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2018>
-

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Urban density management methods

George Lotishvili

Department of Architecture Basics and Theory, Georgian Technical University, 68a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: naormala@gmail.com

Reviewers:

V. Pirtskhalava, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: Vakho714@gmail.com

D. Bostanashvili, Associate Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: D.bostanashvili@gtu.ge

Abstract. Regulation of urban density is an essential issue in today's world. Population growth and the development of modern construction technologies have led to an increase in urban density, which has negatively affected the ecological and social issues of cities. This trend continues nowadays and requires the improvement of construction regulations in this direction. The article describes the problematic density issues, which are also related to the number of parking spaces in the building. The existing method of calculating the intensity, its pros and cons, its impact on urban planning processes are discussed and a new method is proposed to deal with the challenges in this area. The mechanism of using this method differs from the current one and improves the calculation of the building area. A concept of building function has been introduced and density calculation is carried out according to the functional zones, based on the principle of calculating the number of occupants.

Key words: Density; functional group; functional zone; occupant; regulations.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Методы управления городской плотности

Георгий Лотишвили Департамент основ архитектуры и теории, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: naormala@gmail.com

Рецензенты:

В. Пирцхалава, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ
E-mail: Vakho714@gmail.com

Д. Бостаншвили, ассоциированный профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ
E-mail: D.bostanashvili@gtu.ge

Аннотация. Регулирование плотности городов является существенной проблемой в современном мире. Рост населения и развитие современных строительных технологий привели к увеличению плотности городов, что негативно сказалось на экологических и социальных проблемах городов. Эта тенденция сохраняется в настоящее время и требует совершенствования строительных норм в этом направлении. В статье описаны проблемные вопросы, связанные с плотностью, которые также связаны с количеством парковочных мест в здании. Обсуждается существующий метод расчета интенсивности, его плюсы и минусы, его влияние на процессы городского планирования и предлагается новый метод для решения проблем в этой области. Механизм действия этого метода отличается от существующего метода и улучшает расчет площади застройки. Введено понятие функции здания и расчёт о плотности переводится в соответствии с функциональными зонами по принципу расчета количества жителей.

Ключевые слова: группы функционеров; плотность; регуляции; функциональная зона.

განხილვის თარიღი 29.06.2019

შემოსვლის თარიღი 30.06.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-165-173>

Вычисление распределений интегральных полиномов третьего порядка от случайных процессов при помощи фейнмановских интегралов

- Реваз Какубава** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: r.kakubava@gmail.com
- Гиви Пипия** Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: givifia@yahoo.com
- Екатерине Гулуа** Департамент Вычислительной математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: d_gulua@gtu.ge

Рецензенты:

- З. Кватадзе**, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: zurakvatadze@yahoo.com
- А. Киртадзе**, профессор факультета информатики и систем управления ГТ
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

Аннотация. В работе исследуются связи и аналогии между задачами теории случайных процессов и фейнмановскими интегралами. На основе ранее полученных результатов показывается существование фейнмановских интегралов для определённого класса функционалов.

Для простейшего случая сдвига в пространстве, условия «абсолютной непрерывности» для интегралов, получающиеся при помощи линейных и нелинейных замен из интегралов по гауссовой квазимере с комплексным параметром были найдены ранее.

В представленной работе, при помощи фейнмановских

интегралов, исследуются конкретно интегральные полиномы третьего порядка от случайного процесса. Характеристическая функция таких полиномов является решением дифференциального уравнения в вариационных производных шредингеровского типа и выражается через фейнмановские интегралы. По определению фейнмановских интегралов, они являются пределами конечнократных, что указывает на процедуру их вычисления. Доказательство полученных результатов основывается на вводимом понятии фейнмановского интеграла по конической области.

В работе также находятся чисто вероятностные применения фейнмановских интегралов, удаётся

свести к решению уравнения Шредингера нахождения характеристических функционалов полиномов от случайных процессов и на этом пути указать процедуру их вычисления.

Ключевые слова: случайный процесс, характеристическая функция, измеримое пространство, операторы, интегралы, предельный переход, разбиение отрезка, квазимера, распределение.

Введение

Интегрирование в функциональных пространствах – важный раздел современной математики, тесно связанный с теорией случайных процессов, математическим анализом и имеющий серьезные приложения в математической и теоретической физике.

Для потребностей физики недостаточно интегралов по знакопостоянным мерам. Хорошо известно, что Р. Фейнман дал трактовку квантовой механики и электродинамики, основанную на использовании носящих его имя интегралов в пространстве траектории. Эти интегралы аналогичны средним теории марковских случайных процессов, но роль переходных вероятностей играют комплексные функции, представляющие собой фундаментальные решения уравнений шредингеровского типа.

Соответствующая «Мера Фейнмана» не имеет ограниченной вариации уже на алгебре цилиндрических множеств [1], и потому фейнмановские интегралы не могут строиться так, как это делается в классической теории меры: они получаются в результате специальной предельной процедуры.

Рассмотрим класс функций, для которых существует фейнмановский интеграл.

Пусть $\tilde{X} = X + iX$ комплексное расширение пространства X . Мы будем говорить, что $f(x)$ – функция класса А, если она удовлетворяет следующим условиям:

А – 1) $f(\lambda x)$ – измерима относительно $x \in X$, при $\lambda \in \bar{V}$, где $z = \lambda x$,

$$V = \left\{ \lambda : \lambda = \rho e^{i\gamma}, 0 < \gamma < \frac{\pi}{4} \right\}$$

А – 2) $f(\lambda x)$ – аналитична по λ в области V и непрерывна вдоль границы при $x \in X$.

А – 3) выполняется оценка

$$|f(xe^{i\gamma})| \leq c \cdot e^{(Ax, x) \sin 2\gamma + g(x)} \varphi(\|x\|), \quad (A < B^{-1})$$

где $\varphi(x)$ ограничена и непрерывна в любом конечном пространстве, а $\frac{g(x)}{(B^{-1}x, x)} \rightarrow 0$ при $\|x\| \rightarrow \infty$ равномерно на сфере в любом конечномерном пространстве.

Основная часть

Пусть $\varepsilon(t)$ ($0 \leq t \leq T$) – случайный процесс, имеющий измеримые, почти наверно ограниченные траектории, с известным характеристическим функционалом.

$$\chi_\varepsilon(\theta) = M \exp \left[i \int_0^T \theta(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right].$$

Рассмотрим интегральный полином вида

$$\eta_n = \int_0^T \sum_{k=1}^n \alpha_k(\tau) \varepsilon^k(\tau) d\tau. \tag{1}$$

характеристическая функция которого является функционалом от коэффициентов полинома (1).

$$\chi_n(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = M \exp \left[i \sum_{k=1}^n \int_0^T \alpha_k(\tau) \varepsilon^k(\tau) d\tau \right]. \tag{2}$$

Вычислим распределение дискретного аналога функционала (2) для $n=3$

Теорема 1. Если

$$\begin{aligned} \chi^{(3)}(\alpha, \beta, \gamma) &= \chi^{(3)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_m; \gamma_1, \dots, \gamma_m) = \\ &= M \exp \left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 + i \sum_{k=1}^m \gamma_k \varepsilon_k^3 \right\}, \end{aligned} \tag{3}$$

თ

$$\begin{aligned} \chi^{(3)}(\alpha, \beta, \gamma) &= \\ &= \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-iA\gamma}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}), \end{aligned} \quad (4)$$

где $y^{(1)} = (y_1^{(1)}, \dots, y_m^{(1)})$, $y^{(2)} = (y_1^{(2)}, \dots, y_m^{(2)})$, а матрица A имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \end{pmatrix}.$$

Если $\chi^{(2)}(\alpha, \beta)$ функция класса A , то

$$\begin{aligned} \chi^{(3)}(\alpha, \beta, \gamma) &= \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + \sqrt{-i\gamma} y^{(1)}, \\ &\beta + \sqrt{-i\gamma} y^{(2)}) \mu_A(dy^{(1)} \times dy^{(2)}). \end{aligned}$$

Доказательство. Пусть

$$\gamma_s^{(3)}(\alpha, \beta, \gamma_1, \dots, \gamma_s) = \gamma^{(3)}(\alpha, \beta, \gamma_1, \dots, \gamma_s, 0, \dots, 0).$$

Если продифференцируем равенство (3), то получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial \chi_s^{(3)}}{\partial \gamma_s} &= iM \left[\varepsilon_s^3 e^{\left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 + i \sum_{k=1}^s \gamma_k \varepsilon_k^2 \right\}} \right], \\ \frac{\partial^2 \chi_s^{(3)}}{\partial \alpha_s \partial \beta_s} &= -M \left[\varepsilon_s^3 e^{\left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 + i \sum_{k=1}^s \gamma_k \varepsilon_k^2 \right\}} \right], \end{aligned}$$

а также следующую систему для задачи Коши

$$\frac{\partial \chi_s^{(3)}}{\partial \gamma_s} = -i \frac{\partial^2 \chi_s^{(3)}}{\partial \alpha_s \partial \beta_s}, \quad s = \overline{1, m},$$

$$\chi_s^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1, \dots, \gamma_s)_{\gamma_s=0} = \chi_{s-1}^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1, \dots, \gamma_{s-1})$$

и

$$\chi_0^{(3)}(\alpha; \beta) = \chi^{(2)}(\alpha; \beta)$$

$$\frac{\partial \chi_1^{(3)}}{\partial \gamma_1} = -i \frac{\partial^2 \chi_1^{(3)}}{\partial \alpha_1 \partial \beta_1}; \quad \chi_1^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1)_{\gamma_1=0} = \chi_0^{(3)}(\alpha; \beta) = \chi^{(2)}(\alpha; \beta)$$

$$\frac{\partial \chi_2^{(3)}}{\partial \gamma_2} = -i \frac{\partial^2 \chi_2^{(3)}}{\partial \alpha_2 \partial \beta_2}; \quad \chi_2^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1; \gamma_2)_{\gamma_2=0} = \chi_1^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1)$$

.....

$$\frac{\partial \chi_m^{(3)}}{\partial \gamma_m} = -i \frac{\partial^2 \chi_m^{(3)}}{\partial \alpha_m \partial \beta_m}; \quad \chi_m^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1, \dots, \gamma_m)_{\gamma_m=0} = \chi_{m-1}^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1, \dots, \gamma_{m-1})$$

Применяя формулу $u(x,t) = \int_H f(x+y)m_{iA}(dy)$ получим

$$\begin{aligned} \chi_1^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1) &= \int_{R^2} \chi^{(2)}(\alpha_1 + y_1^{(1)}, \alpha_2, \dots, \alpha_m; \beta_1 + y_1^{(2)}, \beta_2, \dots, \beta_m) \mu_{-i\gamma_1}(dy_1^{(1)} \times dy_1^{(2)}), \\ \chi_2^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1; \gamma_2) &= \int_{R^2} \chi_1^{(3)}(\alpha_1, \alpha_2 + y_2^{(1)}, \alpha_3, \dots, \alpha_m; \beta_1, \beta_2 + y_2^{(2)}, \beta_3, \dots, \beta_m; \gamma_1) \mu_{-i\gamma_2}(dy_2^{(1)} \times dy_2^{(2)}) = \\ &= \int_{R^2} \left\{ \int_{R^2} \chi^{(2)}(\alpha_2 + y_1^{(1)}, \alpha_2 + y_2^{(1)}, \alpha_3, \dots, \alpha_m; \beta_1 + y_1^{(2)}, \beta_2 + y_2^{(2)}, \beta_3, \dots, \beta_m) \times \right. \\ &\quad \left. \times \mu_{-i\gamma_1}(dy_1^{(1)} \times dy_1^{(2)}) \right\} \mu_{-i\gamma_2}(dy_2^{(1)} \times dy_2^{(2)}) \end{aligned}$$

и после m шагов

$$\begin{aligned} \chi_m^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma_1, \dots, \gamma_m) &= \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha_1 + y_1^{(1)}, \dots, \alpha_m + y_m^{(1)}; \beta_1 + y_1^{(2)}, \beta_2 + y_2^{(2)}, \dots, \beta_m + y_m^{(2)}) \times \\ &\times \mu_{-i\gamma_1}(dy_1^{(1)} \times dy_1^{(2)}) \times \dots \times \mu_{-i\gamma_m}(dy_m^{(1)} \times dy_m^{(2)}) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + y^{(1)}; \beta + y^{(2)}) \cdot \prod_{k=1}^m \mu_{-i\gamma_k}(dy_k^{(1)} \times dy_k^{(2)}). \end{aligned}$$

Здесь y – матрица, которая имеет следующий вид

$$y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Но так как $\chi_m^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma)$, то

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-iAy}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}).$$

Теперь можно рассмотреть вопрос о вычислении характеристического функционала для интегрального полинома третьего порядка.

Пусть

$$\chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = M \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau + i \int_0^T \gamma(\tau) \varepsilon^3(\tau) d\tau \right\}.$$

Теорема 2. Если $\chi^{(2)}(\alpha, \beta)$ функция класса A , то

$$\chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = \int_H \int_H \chi_2(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-iAy}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}).$$

а корреляционный функционал гауссовой квазимеры $\mu_{-i\gamma A}$ имеет следующий вид

$$i((-i\gamma A)Q, Q) = -2i \int_0^T \gamma(t) Q_1(t) Q_2(t) dt,$$

где $Q = Q_1 \times Q_2$.

Доказательство. Рассмотрим разбиение $q(\tau_1, \dots, \tau_m)$ интервала $[0, T]$ с точками $0 < \tau_1 < \dots < \tau_m < T$ и пусть $\varepsilon(\tau_{k-1}) = \varepsilon_k$, $\alpha(\tau_k) = \alpha_k \Delta \tau_k$, $\beta(\tau_k) = \beta_k \Delta \tau_k$, $\gamma(\tau_k) = \gamma_k \Delta \tau_k$.

Обозначим через $\chi_q^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma)$ выражение

$$\chi_q^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = M \exp \left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k \Delta \tau_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 \Delta \tau_k + i \sum_{k=1}^m \gamma_k \varepsilon_k^3 \Delta \tau_k \right\}.$$

Так как

$$\exp \left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k \Delta \tau_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 \Delta \tau_k + i \sum_{k=1}^m \gamma_k \varepsilon_k^3 \Delta \tau_k \right\} \xrightarrow{q} \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau + i \int_0^T \gamma(\tau) \varepsilon^3(\tau) d\tau \right\},$$

то применяя теорему Лебега о предельном переходе под знаком интеграла, получим

$$\lim_q \chi_q^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = M \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau + i \int_0^T \gamma(\tau) \varepsilon^3(\tau) d\tau \right\},$$

поэтому

$$\chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = \lim_q \int_{R^{2m}} \chi_q^{(2)}(\alpha \Delta \tau + \sqrt{-iy} y^{(1)}, \beta \Delta \tau + \sqrt{-iy} y^{(2)}) \mu_{\Delta \tau, A}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}).$$

Оператор A незначительный оператор, поэтому здесь предельный переход под знаком интеграла совершать нельзя. Дадим другой вид формуле (3).

Пусть $A = U \Lambda U^{-1}$, где U – ортогональная матрица ($U^{-1} = U^*$), а Λ – диагональная. Для $y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ имеем

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix},$$

поэтому получаем для матрицы A

$$A = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} & & & \\ & \ddots & & \\ & & 0 & \\ & & & \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \\ & & & & \ddots & \\ & & 0 & & & \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & & & 0 \\ & -1 & & \\ & & 1 & \\ & & & -1 & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & -1 & \\ & & & & & & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} & & & \\ & \ddots & & \\ & & & \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \end{pmatrix}.$$

Известно, что если μ_{zc} гауссова квазимера в гильбертовом пространстве Ни Сливнейное отображение $H \rightarrow H$, то

$$\int_H f(Sx) \mu_{zC}(dx) = \int_H f(y) \mu_{zSCS^*}(dy). \quad (5)$$

Так как $A = U \Lambda U^*$, то

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-i\gamma A}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-i\gamma U \Lambda U^*}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}).$$

Пусть $y = Uz$, это значит, что $y^{(1)} = \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}$, $y^{(2)} = \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}$, а $dy^{(1)} = dz^{(1)}$, $dy^{(2)} = dz^{(2)}$,

поэтому имея в виду формулу (5), получим

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}\left(\alpha + \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}, \beta + \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}\right) \mu_{-i\gamma \Lambda}(dz^{(1)} \times dz^{(2)}).$$

Пусть $\chi^{(2)}(\alpha, \beta)$ функция класса A, тогда

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \int_{R^{2m}} \chi^{(2)}\left(\alpha + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}, \beta + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}\right) \mu_{\Lambda}(dz^{(1)} \times dz^{(2)}).$$

Положим, что $\Lambda = \Lambda_1 - \Lambda_2$, где

$$\Lambda_1 = \begin{pmatrix} 1 & & & & 0 \\ & 0 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \\ 0 & & & & & 0 \end{pmatrix}, \quad \Lambda_2 = \begin{pmatrix} 0 & & & & 0 \\ & 1 & & & \\ & & 0 & & \\ & & & 1 & \\ & & & & \ddots \\ & & & & & 0 \\ 0 & & & & & & 1 \end{pmatrix},$$

тогда

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \int_{R^m} \int_{R^m} \chi^{(2)}\left(\alpha + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}, \beta + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}\right) \times \mu_{\Lambda_1}(dz^{(1)}) \mu_{-\Lambda_2} dz^{(2)}, \quad (6)$$

$$\chi^{(3)}(\alpha; \beta; \gamma) = \lim_q \int_{R^m} \int_{R^m} \chi_q^{(2)}\left(\alpha \Delta \tau + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}, \beta \Delta \tau + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}\right) \times \mu_{\Delta \tau \Lambda_1}(dz^{(1)}) \mu_{-\Delta \tau \Lambda_2} dz^{(2)}. \quad (7)$$

В (7) можно сделать предельный переход под знаком интеграла

$$\chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = \int_H \int_H \chi_2\left(\alpha + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} - z^{(2)}}{\sqrt{2}}, \beta + \sqrt{-i\gamma} \frac{z^{(1)} + z^{(2)}}{\sqrt{2}}\right) \times \mu_{\Lambda_1}(dz^{(1)}) \mu_{-\Lambda_2} dz^{(2)}. \quad (8)$$

Если в (8) сделать обратное преобразование переменных, то получим

$$\chi_3(\alpha; \beta; \gamma) = \int_H \int_H \chi_2(\alpha + y^{(1)}, \beta + y^{(2)}) \mu_{-i\gamma A}(dy^{(1)} \times dy^{(2)}).$$

Если $Q = Q_1 \times Q_2$, то корреляционный функционал для гауссовой квазимеры имеет вид

$$i(BQ, Q) = -2i \int_0^T \gamma(t) Q_1(t) Q_2(t) dt, \quad (9)$$

где $-i\gamma A = iB$, причем оператор A не знакопостоянный даже при $\gamma \geq 0$.

Заклучение

Мы вычислили характеристический функционал распределений интегральных полиномов третьего порядка от случайных процессов и нашли корреляционный функционал гауссовой квазимеры $\mu_{-i\gamma A}$

Литература

1. Daletski Yu.L., Phomin S.V. Measures and differential equations in infinite-dimensional spaces. Moscow: "Nauka". 1983. (in Russian).
2. Pipia G. M. On one class of Feynman integral. Bulletin of Academy of Sciences of GSSR, Tbilisi: "Metsniereba". 1982. (in Russian).
3. Skorohod A.V. Integration in Hilbert space. M.: "Nauka". 1975. (in Russian).

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

შემთხვევითი პროცესებიდან მესამე რიგის ინტეგრალური პოლინომებისთვის განაწილებათა გამოთვლა ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით

რევაზ კაკუბავა	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kakubava@gmail.com
გივი ფიფია	მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: givifia@yahoo.com
ეკატერინე გულუა	გამოთვლითი მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: d_gulua@gtu.ge

რეცენზენტები:

ზ. ჯვათაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: zurakvatadze@yahoo.com

ა. კირთაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

ანოტაცია. ნაჩვენები იყო სივრცეში მარტივი გადაადგილების შემთხვევაში ინტეგრალებისათვის

„აბსოლუტური უწყვეტობის“ პირობა, რომელიც მიიღება წრფივი და არაწრფივი გარდაქმნით კომპლექსური პარამეტრებიანი გაუსის კვაზიზომის ინტეგრალებიდან.

ადრე მიღებული შედეგების საფუძველზე, ფუნქციონალების განსაზღვრული კლასებისათვის, ნაჩვენებია ფეინმანის ინტეგრალების არსებობა.

ნაშრომში გამოკვლეულია კავშირები და ანალოგიები შემთხვევითი თეორიის პროცესების ამოცანებსა და ფეინმანის ინტეგრალებს შორის.

ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით გამოკვლეულია შემთხვევითი პროცესებიდან კონკრეტული მესამე რიგის ინტეგრალური პოლინომები. ასეთი პოლინომების მახასიათებელი ფუნქცია წარმოადგენს ვარიაციულ წარმოებულებში შრედინგერის ტიპის დიფერენციალური განტოლების ამონახსნს და გამოისახება ფეინმანის ინტეგრალებით. ფეინმანის ინტეგრალების განსაზღვრის თანახმად, ისინი წარმოადგენენ სასრულჯერადიანი ინტეგრალების ზღვრებს, რაც მიუთითებს მათი გამოთვლის პროცედურას. მიღებული შედეგების დამტკიცება ეყრდნობა ფეინმანის ინტეგრალის განსაზღვრას კონუსურ არეზე.

ნაშრომში აგრეთვე მიღებულია ფეინმანის ინტეგრალების ალბათური გამოყენება. შემთხვევითი პროცესებიდან პოლინომების მახასიათებელი ფუნქციონალების პოვნის ამოცანა დაყვანილია შრედინგერის განტოლების ამოხსნაზე და ამ გზით ნაჩვენებია მათი გამოთვლის პროცედურა.

საკვანძო სიტყვები: განაწილება; ზომადი სივრცე; ზღვრული გადასვლა; ინტეგრალები; კვაზიზომა; მახასიათებელი ფუნქცია; ოპერატორები; შემთხვევითი პროცესი; შუალედის დაყოფა.

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

Calculation of third-order integral polynomial distributions of random processes using Feynman integrals

Revaz Kakubava	Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: r.kakubava@gmail.com
Givi Pipia	Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: givifia@yahoo.com
Ekaterine Gulua	Department of Computational Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: d_gulua@gtu.ge

Reviewers:

Z. Kvatadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: zurakvatadze@yahoo.com

A. Kirtadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: kirtadze2@yahoo.com

Abstract. The paper refers to the connections and analogies between the problems in the theory of random processes and Feynman integrals. Based on the previously obtained results, the existence of Feynman integrals for a certain class of functionals is shown.

For the simplest case of a shift in space, the “absolute continuity” conditions for the integrals, obtained using linear and nonlinear substitutions from integrals over a Gaussian quasi-measures with a complex parameter, have been found previously.

In this paper we study specifically the third-order integral polynomials of a random process using Feynman integrals. The characteristic function of such polynomials is a solution of the differential equation in the variational derivatives of the Schrödinger type and is expressed in terms of Feynman integrals. By the definition of Feynman integrals, they are finite-multiple limits, which indicate the procedure for calculating them. The proof of the results obtained is based on the introduced concept of the Feynman integral over a conic domain.

In the work, purely probabilistic applications of Feynman integrals are also found. It is possible to reduce to the solution of the Schrödinger equation the determination of the characteristic functionals of polynomials from random processes and indicate the procedure of their calculation in this way.

Key words: Characteristic function; distribution; integrals; limit transition; measurable space; operators; quasi-measure; random process; segment division.

Дата рассмотрения 17.12.2019

Дата поступления 27.12.2019

Подписано к печати 08.07.2020

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-174-180>

Вычисление распределений интегральных полиномов второго порядка от случайных процессов при помощи фейнмановских интегралов

- Реваз Какубава** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: r.kakubava@gmail.com
- Гиви Пипия** Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: givifia@yahoo.com
- Екатерине Гулуа** Департамент Вычислительной математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: d_gulua@gtu.ge

Рецензенты:

- З. Квацадзе**, профессор факультета информатики систем управления ГТУ
E-mail: zurakvatadze@yahoo.com
- А. Киртадзе**, профессор факультета информатики систем управления ГТУ
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

Аннотация. В работе исследуются связи и аналогии между задачами теории случайных процессов и фейнмановскими интегралами. На основе ранее полученных результатов показывается существование фейнмановских интегралов для определённого класса функционалов.

Для простейшего случая сдвига в пространстве, условия «абсолютной непрерывности» для интегралов, получающиеся при помощи линейных и нелинейных замен из интегралов по гауссовой квазимере с комплексным параметром были найдены ранее.

В представленной работе, при помощи фейнмановских интегралов, исследуются конкретно интегральные полиномы второго порядка от случайного процесса. Характеристическая функция таких полиномов является решением дифференциального уравнения в вариационных производных шредингеровского типа и выражается через фейнмановские интегралы. По определению фейнмановских интегралов, они являются пределами конечнократных, что указывает на процедуру их вычисления. Доказательство полученных результатов основывается на вводимом понятии фейнмановского интеграла по конической области.

В работе также находятся чисто вероятностные применения фейнмановских интегралов, удаётся свести к решению уравнения Шредингера нахождение характеристических функционалов полиномов от случайных процессов и на этом пути указать процедуру их вычисления.

Ключевые слова: случайный процесс; характеристическая функция; измеримое пространство; операторы; интегралы; предельный переход; разбиение отрезка; квазимера; распределение.

Введение

Интегрирование в функциональных пространствах – важный раздел современной математики, тесно связанный с теорией случайных процессов, математическим анализом и имеющий серьезные приложения в математической и теоретической физике.

Для потребностей физики недостаточно интегралов по знакопостоянным мерам. Хорошо известно, что Р. Фейнман дал трактовку квантовой механики и электродинамики, основанную на использовании носящих его имя интегралов в пространстве траекторий. Эти интегралы аналогичны средним теории марковских случайных процессов, но роль переходных вероятностей играют комплексные функции, представляющие собой фундаментальные решения уравнений шредингеровского типа.

Соответствующая «Мера Фейнмана» не имеет ограниченной вариации уже на алгебре цилиндрических множеств [1], и потому фейнмановские интегралы не могут строиться так, как это делается в классической теории меры: они получаются в результате специальной предельной процедуры.

Рассмотрим класс функций, для которых существует фейнмановский интеграл.

Пусть $\tilde{X} = X + iX$ комплексное расширение пространства X . Мы будем говорить, что $f(x)$ –

функция класса A , если она удовлетворяет следующим условиям:

A – 1) $f(\lambda x)$ – измерима относительно $x \in X$, при $\lambda \in \bar{V}$, где $z = \lambda x$,

$$V = \left\{ \lambda : \lambda = \rho e^{i\gamma}, 0 < \gamma < \frac{\pi}{4} \right\}$$

A – 2) $f(\lambda x)$ – аналитична по λ в области V и непрерывна вдоль границы при $x \in X$.

A – 3) выполняется оценка

$$|f(xe^{i\gamma})| \leq c \cdot e^{(Ax, x) \sin 2\gamma + g(x)} \varphi(\|x\|), \quad (A < B^{-1})$$

где $\varphi(x)$ ограничена и непрерывна в любом конечном пространстве, а $\frac{g(x)}{(B^{-1}x, x)} \rightarrow 0$ при $\|x\| \rightarrow \infty$ равномерно на сфере в любом конечномерном пространстве.

Основная часть

Пусть $\varepsilon(t)$ ($0 \leq t \leq T$) – случайный процесс, имеющий измеримые, почти наверно ограниченные траектории, с известным характеристическим функционалом.

$$\chi_\varepsilon(\theta) = M \exp \left[i \int_0^T \theta(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right].$$

Рассмотрим интегральный полином вида

$$\eta_n = \int_0^T \sum_{k=1}^n \alpha_k(\tau) \varepsilon^k(\tau) d\tau. \quad (1)$$

характеристическая функция которого является функционалом от коэффициентов полинома (1).

$$\chi_n(\alpha_1, \dots, \alpha_n) = M \exp \left[i \sum_{k=1}^n \int_0^T \alpha_k(\tau) \varepsilon^k(\tau) d\tau \right]. \quad (2)$$

Вычислим распределение дискретного аналога функционала (2) для $n = 2$.

Теорема 1. Пусть ε случайная величина в R^m и пусть

$$\begin{aligned} \chi^{(2)}(\alpha, \beta) &= \chi^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_m) \equiv \\ &= M \exp \left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 \right\}, \\ \chi^{(2)}(\alpha, \beta)_{\beta=0} &= \chi^{(1)}(\alpha) = \chi_\varepsilon(\alpha), \end{aligned} \quad (3)$$

тогда

$$\chi^{(2)}(\alpha, \beta) = \int_{R^m} \chi^{(1)}(\alpha + x) \mu_{-2\beta i}(dx), \quad (4) \quad = \chi_1^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1)$$

а если $\chi^{(1)}(x)$ функция класса A, то

$$\chi^{(2)}(\alpha, \beta) = \int_{R^m} \chi^{(1)}(\alpha + \sqrt{-2i\beta x}) \mu_1(dx), \quad (5)$$

где $I = \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & 1 \end{pmatrix}$, – единичная матрица.

Доказательство. Пусть

$$\begin{aligned} & \chi_s^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_s) = \\ & = \chi^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_s, 0, \dots, 0), \end{aligned}$$

тогда

$$\begin{aligned} & \chi_s^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_s)_{\beta_s=0} = \\ & = \chi_{s-1}^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_{s-1}). \end{aligned}$$

Если продифференцировать равенство (3) по β_s и дважды по α_s , то получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial \chi_s^{(2)}}{\partial \beta_s} &= iM \left[\varepsilon_s^2 e^{\left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 \right\}} \right], \\ \frac{\partial^2 \chi_s^{(2)}}{\partial \alpha_s^2} &= M \left[\varepsilon_s^2 e^{\left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k + i \sum_{k=1}^m \beta_k \varepsilon_k^2 \right\}} \right]. \end{aligned}$$

Значит,

$$\frac{\partial \chi_s^{(2)}}{\partial \beta_s} = -i \frac{\partial^2 \chi_s^{(2)}}{\partial \alpha_s^2}; \quad (s = \overline{1, m}),$$

$$\begin{aligned} & \chi_3^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_s)_{\beta_s=0} = \\ & = \chi_{s-1}^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_{s-1}), \end{aligned}$$

а

$$\chi_0^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m) = \chi^{(1)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m).$$

Таким образом, мы получили туравнения с m начальными условиями:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \chi_1^{(2)}}{\partial \beta_1} &= -i \frac{\partial^2 \chi_1^{(2)}}{\partial \alpha_1^2}; \quad \chi_1^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1)_{\beta_1=0} = \\ & = \chi_0^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m) = \chi^{(1)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m) \\ \frac{\partial \chi_2^{(2)}}{\partial \beta_2} &= -i \frac{\partial^2 \chi_2^{(2)}}{\partial \alpha_2^2}; \quad \chi_1^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \beta_2)_{\beta_2=0} = \end{aligned}$$

.....

$$\frac{\partial \chi_{m-1}^{(2)}}{\partial \beta_{m-1}} = -i \frac{\partial^2 \chi_{m-1}^{(2)}}{\partial \alpha_{m-1}^2};$$

$$\chi_{m-1}^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_{m-1})_{\beta_{m-1}=0} =$$

$$= \chi_{m-2}^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_{m-2})$$

$$\frac{\partial \chi_m^{(2)}}{\partial \beta_m} = -i \frac{\partial^2 \chi_m^{(2)}}{\partial \alpha_m^2}; \quad \chi_m^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_m)_{\beta_m=0} =$$

$$= \chi_{m-1}^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_{m-1})$$

Применяя теорему 1 для $\chi_1^{(2)}$, получим

$$\begin{aligned} & \chi_1^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1) = \\ & = \int_{R^1} \chi^{(1)}(\alpha_1 + x_1; \alpha_2, \dots, \alpha_m) \mu_{-2\beta_1(1)i}(dx_1), \end{aligned}$$

где (1) – матрица, состоящая из одного элемента I; для $\chi_2^{(2)}$ имеем

$$\begin{aligned} & \chi_2^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1; \beta_2) = \\ & = \int_{R^1} \chi_1^{(2)}(\alpha_1; \alpha_2 + x_2, \dots, \alpha_m; \beta_1) \mu_{-2\beta_2(1)i}(dx_2) = \\ & = \int_{R^1} \left\{ \int_{R^1} \chi^{(1)}(\alpha_1 + x_1; \alpha_2 + x_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m) \mu_{-2\beta_2(1)i}(dx_1) \right\} \mu_{-2\beta_2(1)i}(dx_2) = \\ & = \int_{R^2} \chi^{(1)}(\alpha_1 + x_1; \alpha_2 + x_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m) \mu_{-2\beta_1(1)i}(dx_1) \mu_{-2\beta_2(1)i}(dx_2). \end{aligned}$$

После m шагов мы получим

$$\begin{aligned} & \chi_m^{(2)}(\alpha_1, \dots, \alpha_m; \beta_1, \dots, \beta_m) = \\ & = \int_{R^1} \dots \int_{R^1} \chi^{(1)}(\alpha_1 + x_1; \alpha_2 + x_2, \dots, \alpha_m + x_m) \prod_{k=1}^m \mu_{-2\beta_k(1)i}(dx_k) = \\ & = \int_{R^m} \chi^{(1)}(\alpha + x) \mu_{-2\beta i}(dx). \end{aligned}$$

Но

$$\chi_m^{(2)}(\alpha, \beta) = \chi^{(2)}(\alpha, \beta),$$

значит

$$\chi^{(2)}(\alpha, \beta) = \int_{R^m} \chi^{(1)}(\alpha + x) \mu_{-2\beta i}(dx).$$

Пусть $q(\tau_1, \dots, \tau_m)$ разбиение отрезка $[0, T]$ точками $0 < \tau_1 < \dots < \tau_m < T$ и пусть $\varepsilon_k = \varepsilon(\tau_{k-1})$, $\alpha(\tau_k) = \alpha_k \Delta \tau_k$, $\beta(\tau_k) = \beta_k \Delta \tau_k$. Рассмотрим выражение

$$\chi_2(\alpha, \beta) = M \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau \right\}.$$

Если заменить интегралы соответствующими интегральными суммами, то получим

$$\begin{aligned} \chi_2(\alpha, \beta) &= \lim_q M \exp \left\{ i \sum_{k=1}^m \alpha_k \varepsilon_k \Delta \tau_k + i \sum_{k=1}^m \beta \varepsilon_k^2 \Delta \tau_k \right\} = \\ &= \lim_q \chi_q^{(2)}(\alpha, \beta) = \lim_q \int_{R^m} \chi_q^{(1)}(\alpha + \sqrt{\beta x}) \mu_{-2I_q \cdot i}(dx), \end{aligned}$$

где

$$\chi_q^{(1)}(t) = M e^{i \sum_{k=1}^m I_k \varepsilon_k \Delta \tau_k},$$

$$a \ I_q = \begin{pmatrix} \frac{1}{\Delta \tau_1} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \frac{1}{\Delta \tau_m} \end{pmatrix} \text{ – матрица } m\text{-го порядка.}$$

Применяя теорему Лебега о предельном переходе под знаком интеграла, получаем

$$\chi_2(\alpha, \beta) = \int_H \chi_1(\alpha + \sqrt{\beta x}) \mu_{-2I_i}(dx).$$

Здесь

$$\chi_1(\alpha) = M \exp \left[i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right].$$

Наконец,

$$\begin{aligned} \chi_2(\alpha, \beta) &= \\ &= M \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau \right\} = \\ &= \int_H \chi_1(\alpha + \sqrt{\beta x}) \mu_{-2I_i}(dx). \end{aligned}$$

Вычислим характеристический функционал для гауссовой квазимеры $\mu_{-2I_q \cdot i}$

$$\begin{aligned} \chi_{\mu_{-2I_q \cdot i}}(Q) &= \int_H e^{i(Q, x)} \mu_{-2I_i}(dx) = \lim_q \int_{R^m} e^{i \sum_{k=1}^m Q_k x_k \Delta \tau_k} \mu_{-2I_q \cdot i}(dx) = \\ &= \lim_q \prod_{k=1}^m \int_{R^m} e^{i Q_k x_k \Delta \tau_k} \mu_{-2I \Delta \tau_k}(dx_k) = \\ &= \lim_q \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2i}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i Q_k x_k \Delta \tau_k} e^{-\frac{1}{2} \frac{\Delta \tau_k x_k^2}{-2i}} dx_k = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \lim_q \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2i}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i \Delta \tau_k \left(\frac{x_k^2}{4} - Q_k x_k + Q_k^2 - Q_k^2 \right)} dx_k = \\ &= \lim_q \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2i}} e^{i Q_k^2 \Delta \tau_k} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i \Delta \tau_k \left(\frac{x_k}{2} - Q_k \right)^2} dx_k = \\ &= \lim_q \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2i}} \sqrt{2\pi} \sqrt{-2i} e^{i Q_k^2 \Delta \tau_k} = \\ &= \lim_q \exp \left\{ i \sum_{k=1}^m Q_k^2 \Delta \tau_k \right\} = \exp \left\{ i \int_0^T Q^2(\tau) d\tau \right\}. \end{aligned}$$

Таким образом, доказана следующая теорема.

Теорема 2. Если $\chi_1(x)$ функция класса А, то

$$\begin{aligned} \chi_2(\alpha, \beta) &= \\ &= M \exp \left\{ i \int_0^T \alpha(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau + i \int_0^T \beta(\tau) \varepsilon^2(\tau) d\tau \right\} = \\ &= \int_H \chi_1(\alpha + x) \mu_{-2\beta I_i}(dx) = \\ &= \int_H \chi_1(\alpha + \sqrt{-2\beta i x}) \mu_i(dx) = \\ &= \int_H \chi_1(\alpha + \sqrt{\beta x}) \mu_{-2I_i}(dx), \end{aligned} \tag{7}$$

а характеристическая функция «меры» μ_{-2I_i} имеет

вид

$$\chi_{\mu_{-2I_i}}(\theta) = \exp \left\{ i \int_0^T \theta^2(\tau) d\tau \right\}. \tag{8}$$

Пример 1. При помощи формулы (4) вычислим характеристическую функцию χ^2 - распределений.

В формуле (4) положим $\alpha_1 = \dots = \alpha_m = 0$, $\beta_1 = \dots = \beta_m = t$, тогда

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \chi^{(2)}(0, t) = \int_{R^m} \chi^{(1)}(x) \mu_{-2I_i}(dx) = \\ &= \prod_{k=1}^m \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} x_k^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2it}} e^{-\frac{1}{2} \frac{x_k^2}{-2it}} dx_k = \\ &= \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{-2it}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} x_k^2 \left(1 - \frac{1}{2it} \right)} dx_k. \end{aligned}$$

Пусть

$$-\frac{1}{2}x_k^2\left(1-\frac{1}{2it}\right) = -\frac{1}{2}y_k^2;$$

$$y_k = x_k \sqrt{\left(1-\frac{1}{2it}\right)}, \quad dx_k = \frac{dy_k}{\sqrt{\left(1-\frac{1}{2it}\right)}};$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sqrt{-2it}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{1}{2it}\right)}} \sqrt{2\pi} = \\ &= \prod_{k=1}^m \frac{1}{\sqrt{(1-2it)}} = \left(\frac{1}{\sqrt{(1-2it)}}\right)^m = (1-2it)^{-\frac{m}{2}}. \end{aligned}$$

Заклучение

Таким образом, мы вычислили характеристический функционал распределений интегральных полиномов второго порядка от случайных процессов и нашли характеристическую функцию «меры» $\mu_{-iy,A}$, а в примере 1 нашли характеристическую функцию X^2 -распределений.

Литერатура

1. Daletski Yu.L., Phomin S.V. Measures and differential equations in infinite-dimensional spaces. Moscow: "Nauka". 1983. (in Russian).
2. Pipia G. M. On one class of Feynman integral. Bulletin of Academy of Sciences of GSSR, Tbilisi: "Metsniereba". 1982. (in Russian).
3. Skorohod A.V. Integration in Hilbert space. M.: "Nauka". 1975. (in Russian).

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

შემთხვევითი პროცესებიდან მეორე რიგის ინტეგრალური პოლინომებისთვის განაწილებათა გამოთვლა ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით

- რევაზ კაკუბავა** კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: r.kakubava@gmail.com
- გივი ფიფია** მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: givifia@yahoo.com
- ეკატერინე გულუა** გამოთვლითი მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: d_gulua@gtu.ge

რეცენზენტები:

ზ. ქვათაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: zurakvatadze@yahoo.com

ა. კირთაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kirtadze2@yahoo.com

ანოტაცია. ნაჩვენებია იყო სივრცეში მარტივი გადაადგილების შემთხვევაში ინტეგრალებისათვის „აბსოლუტური უწყვეტობის“ პირობა, რომელიც მიიღება წრფივი და არაწრფივი გარდაქმნით კომპლექსური პარამეტრებიანი გაუსის კვაზიზომის ინტეგრალებიდან.

ადრე მიღებული შედეგების საფუძველზე, ფუნქციონალების განსაზღვრული კლასებისათვის, ნაჩვენებია ფეინმანის ინტეგრალების არსებობა.

ნაშრომში გამოკვლეულია კავშირები და ანალოგიები შემთხვევითი თეორიის პროცესების ამოცანებსა და ფეინმანის ინტეგრალებს შორის.

ფეინმანის ინტეგრალების გამოყენებით გამოკვლეულია შემთხვევითი პროცესებიდან კონკრეტული მეორე რიგის ინტეგრალური პოლინომები. ასეთი პოლინომების მახასიათებელი ფუნქცია წარმოადგენს ვარიაციულ წარმომებულეებში შრედინგერის ტიპის დიფერენციალური განტოლების ამონახსნს და გამოიხატება ფეინმანის ინტეგრალებით. ფეინმანის ინტეგრალების განსაზღვრის თანახმად, ისინი წარმოადგენენ სასრულჯერადიანი ინტეგრალების ზღვრებს, რაც მიუთითებს მათი გამოთვლის პროცედურას. მიღებული შედეგების დამტკიცება ეყრდნობა ფეინმანის ინტეგრალის განსაზღვრას კონუსურ არეზე.

ნაშრომში აგრეთვე მიღებულია ფეინმანის ინტეგრალების ალბათური გამოყენება. შემთხვევითი პროცესებიდან პოლინომების მახასიათებელი ფუნქციონალების პოვნის ამოცანა დაყვანილია შრედინგერის განტოლების ამოხსნაზე და ამ გზით ნაჩვენებია მათი გამოთვლის პროცედურა.

საკვანძო სიტყვები: განაწილება; დაყოფა; ზომადი სივრცე; ზღვრული გადასვლა; ინტეგრალები; მახასიათებელი ფუნქცია; ოპერატორები; შემთხვევითი პროცესი; შუალედის კვაზიზომა.

UDC 681.3

SCOPUS CODE 2613

Calculation of second-order integral polynomial distributions of random processes using Feynman integrals

Revaz Kakubava	Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: r.kakubava@gmail.com
Givi Pipia	Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: givifia@yahoo.com
Ekaterine Gulua	Department of Computational Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia E-mail: d_gulua@gtu.ge

Reviewers:

Z. Kvatadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: zurakvatadze@yahoo.com

A. Kirtadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

Abstract. The paper refers to the connections and analogies between the problems in the theory of random processes and Feynman integrals. Based on the previously obtained results, the existence of Feynman integrals for a certain class of functionals is shown.

For the simplest case of a shift in space, the “absolute continuity” conditions for the integrals, obtained using linear and nonlinear substitutions from integrals over a Gaussian quasi-measures with a complex parameter, have been found previously.

In this paper we study specifically the second-order integral polynomials of a random process using Feynman integrals. The characteristic function of such polynomials is a solution of the differential equation in the variational derivatives of the Schrödinger type and is expressed in terms of Feynman integrals. By the definition of Feynman integrals, they are finite-multiple limits, which indicate the procedure for calculating them. The proof of the results obtained is based on the introduced concept of the Feynman integral over a conic domain.

In the work, purely probabilistic applications of Feynman integrals are also found. It is possible to reduce to the solution of the Schrödinger equation the determination of the characteristic functionals of polynomials from random processes and indicate the procedure of their calculation in this way.

Key words: Characteristic function; distribution; integrals; limit transition; measurable space; operators; quasi-measure; random process; segment division.

Дата рассмотрения 12.12.2019

Дата поступления 19.12.2019

Подписано к печати 08.07.2020

UDC 519.816

SCOPUS CODE 3301

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-181-187>

კოგნიტური ანალიზი და კონსტრუქტთა მოდელირების პრობლემა

რუსუდან ქუთათელაძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
მაია ჩხეიძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: maiachkheidze@yahoo.com
ქეთევან ქუთათელაძე	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: kkutateli@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. კიკნაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ა. კობიაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: anakobia@hotmail.com

ანოტაცია. პრობლემა ასოცირდება ადეკვატური კონსტრუქტის მოდელირებისათვის რელევანტური მეთოდოლოგიის შერჩევის პრობლემასთან. მეთოდოლოგიამ უნდა უზრუნველყოს კონსტრუქტში არსებულ მიმართებათა იდენტიფიცირება, კონსტანტებსა და ცვლადებს შორის სტაბილური კავშირების გამოვლენა.

კოგნიტური ანალიზისა და მოდელირების ტექნოლოგიათა გამოყენების რეალურ შესაძლებლობად განიხილება ინტერდისციპლინარიზმისა და პოლიპარადიგმული მეთოდოლოგიის პრაქტიკული რეალიზაცია.

საკვანძო სიტყვები: კოგნიტური ანალიზი; კონსტრუქტი; კონცეპტუალიზაცია; მოდელირება.

შესავალი

დღეს სოციალურ მეცნიერებათა სფეროში განხორციელებულ კვლევათა ერთ-ერთ ვექტორი არის კვლევის კოგნიტური მიმართულება. აღნიშნული მიმართულება გულისხმობს კვლევისა და შემოქმედების სფეროს პოლიპარადიგმულობას, ინტერპარადიგმულობას და ინტერდისციპლინარიზმს.

ეს არის სფერო, სადაც გადაიკვეთება მეცნიერული აზროვნების სხვადასხვა პარადიგმა. ლინგვისტიკის, ეკონომიკისა და ბიზნესის, სისტემათა თეორიის, კიბერნეტიკისა და პროგნოსტიკის სიმბიოზი კონსტრუქტთა მოდელირების უმნიშვნელოვანესი პირობაა.

მიუხედავად კოგნიტური ანალიზისადმი მიძღვნილ ნაშრომთა სიმრავლისა, დღემდე იგრძნობა იმ კვლევათა სიმწირე, რომლებშიც არა მხოლოდ დეკლარირებულია ინტერდისციპლინარული და პოლიპარადიგმული ვექტორების არსებობის აუცილებლობა, არამედ რეალიზებულიცაა აღნიშნული ვექტორები. მხოლოდ ინტერდისციპლინარიზმისა და პოლიპარადიგმულობის პრაქტიკული რეალიზაცია იძლევა კოგნიტური ანალიზისა და მოდელირების ტექნოლოგიათა გამოყენების რეალურ შესაძლებლობას.

ძირითადი ნაწილი

როგორ ხორციელდება კონცეპტუალიზაცია? ამ შეკითხვაზე პასუხის მოძიება შესაძლებელი გახდა მხოლოდ შემდეგი დებულებების ანალიზის შედეგად:

1. ადამიანის შემეცნების პროცესი წარმოადგენს ობიექტის შესახებ ცოდნის ჩამოყალიბების პროცესს. ეს ინფორმაცია ეხება სამყაროში არსებული ობიექტების მდგომარეობას; სწორედ ეს არის ის, რაც განისაზღვრება „კონცეპტად [4]“;
2. კონცეპტუალიზაცია წარმოადგენს შემეცნების სტრუქტურის პროცესს, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება ცნებები და რომლის მი-

ზანი ადამიანური გამოცდილების მინიმალური ერთეულების გამოყოფაა [3];

3. ცნებები ერთიანდება კონცეპტუალურ სისტემაში, რომელიც წარმოადგენს ცოდნისა და აზრის სისტემას, რომელიც გამოხატავს ადამიანის შემეცნებით გამოცდილებას [1];
4. კოგნიცია, როგორც პროცესი, ორიენტირებულია ადამიანის გარემოსთან ადაპტაციასა და ადამიანის აღქმის მონაცემთა კლასიფიკაციაზე;
5. ცოდნის სტრუქტურები წარმოადგენს ადამიანის გამოცდილების, სამყაროს შეცნობისა და შეფასების სტრუქტურებს;
6. ცოდნის სტრუქტურა არ არის დახშული კონსტრუქტი - იგი მუდმივად ფორმირდება [2].

ბუნებრივია, ჩნდება შეკითხვები და იკვეთება პასუხებიც:

1. არსებობს თუ არა მაქსიმალურად ეფექტური მეთოდოლოგია? - არ არსებობს და უფრო მეტიც, აქ სრულად არასაკმარისი ატრიბუტია ქვეყნარტობა-მცდარობა. მეთოდოლოგია შეიძლება იყოს მხოლოდ სასარგებლო ან უსარგებლო.

ერთი რამ აშკარაა: კონსტრუქტორი უნდა იყოს „შეიარაღებული“ სინერგეტიკის ერთიანი და უნივერსალური პრინციპებით, რომლებიც ვრცელდება ჰეტეროგენული მოვლენებისა და პროცესების ფართო სპექტრზე. სწორედ ამგვარი პრინციპების გამოყენება იძლევა ადეკვატურ დასკვნათა ჩამოყალიბების საშუალებას შემთხვევითობისა და დეტერმინიზმის, განვითარების ალტერნატიულობისა და არათანაზომიერების, პროგნოზირებადობისა და არაპროგნოზირებადობის თაობაზე.

2. რა ტიპის მეთოდოლოგიამ უნდა უზრუნველყოს მაქსიმალურად ადეკვატური კონსტრუქტის აგება, სხვა სიტყვებით, როგორი უნდა იყოს პროცესი, რომელიც შესაძლებელს გახდის:
 - ელემენტთა შორის არსებულ დამოკიდებულებათა წვდომას;
 - კონსტანტებსა და ცვლადებს შორის სტაბილური კავშირების გამოვლენას;
 - მიღებული მონაცემების ორგანიზებას, ინტეგრაციასა და სისტემის ფარგლებში დალაგებას ლოგიკურად და თანამიმდევრულად;
3. რა განაპირობებს ელემენტთა კონსტრუქტში განთავსების პროცესს? ნაწილების გაერთიანებას მთელში განაპირობებს ელემენტთა სიახლოვე, მსგავსება, მიკუთვნებულობა, დახმულობა, უწყვეტობა, მდებარეობა ან განლაგება ერთმანეთის მიმართ. ელემენტთა შორის არსებული კავშირები ლოგიკურია. ეს კავშირები გეშტალტ-კავშირებია.

ადეკვატური კონსტრუქტის მოდელირებისათვის აუცილებელი და საკმარისი პირობაა:

 1. სისტემურ და კოგნიტურ მიდგომათა სინთეზირება, რაც წარმოადგენს კონსტრუქტთა არსის ადეკვატურად გააზრების უნივერსალურ გზას;
 2. ობიექტის ანალიზის განხორციელება - მოდელირების ობიექტის კვლევა, რაც გულისხმობს ობიექტის სტრუქტურის ანალიზსა და ობიექტის სხვა ობიექტთან მიმართების იდენტიფიცირებას;
 3. პრობლემებისათვის რელევანტური თვისობრივი და რაოდენობრივი ინფორმაციის მოძიება, სისტემატიზაცია და ანალიზი;
 4. სიტუაციათა ძირითადი მარკერების გამოვლენა;
 5. ელემენტთა შორის არსებულ მიმართებათა სპეციფიკის განსაზღვრა;
 6. ძირითად ტენდენციათა გამოკვეთა;
 7. ძირითადი მოთხოვნების, პირობებისა და შეზღუდვების გამოვლენა;
 8. სიტუაციის კოგნიტური მოდელის კონსტრუირება, კერძოდ:
 - ბაზისურ მარკერთა განსაზღვრა, რაც იძლევა პრობლემის არსის ადეკვატურად დესკრიფციის შესაძლებლობას;
 - სხვადასხვა ტიპის მარკერთა გამოვლენა, რაც იძლევა სიტუაციაში ამა თუ იმ პროცესის ამა თუ იმ სცენარით განვითარების ახსნის შესაძლებლობას;
 - მარკერთა ბლოკების კონსტრუირება;
 - მარკერთა ბლოკში ინტეგრალურ ნიშანთა იდენტიფიცირება, რაც იძლევა ზოგად ტენდენციათა ობზერვაციისა და პროცესების დეტალური ანალიზის შესაძლებლობას;
 - გამოვლენილ მარკერთა შორის არსებული მიმართების ტიპის განსაზღვრა;
 - მარკერთა ბლოკებს შორის არსებული მიმართების სპეციფიკის გამოვლენა;
 - მარკერთა გავლენის პოზოტიურობა/ნეგატიურობის განსაზღვრა;
 - მარკერთა გავლენის ინტენსიურობის ხარისხის იდენტიფიცირება.

9. კონსტრუქტის მაკროსტრუქტურის აღწერა, რომელიც, თავის მხრივ, გულისხმობს გამოვლენილ კოგნიტურ ნიშანთა ატრიბუციას ინფორმაციული კომპონენტისადმი;
10. კონსტრუქტის კატეგორიალური სტრუქტურის აღწერა, რომელიც, თავის მხრივ, გულისხმობს საგნისა თუ მოვლენის კონცეპტუალიზაციისათვის საჭირო კოგნიტურ მაკლასაფიცირებელ ნიშანთა გამოვლენასა და გამოვლენილ კოგნიტურ ნიშანთა ორგანიზებას მარკერთა ბლოკების სახით;
11. მოდელირება - კანონზომიერებათა გამოვლენა, პრობლემის შესახებ არსებული ცოდნის გაფართოება და დეტალიზაცია, მოდელის სრულყოფა და დასკვნათა ფორმულირება.

სიტუაციის კოგნიტური მოდელი ადამიანის მიერ სამყაროს ფრაგმენტის აღქმის სუბიექტური მოდელია, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი ხდება აღნიშნულ ფრაგმენტში ფიქსირებულ კანონზომიერებათა გაცნობიერება.

სიტუაციის მრავალდონიანი კოგნიტური მოდელის აგება გულისხმობს იერარქიული სისტემის აგებას, შესაბამისად, პორცესისათვის ფუმემდებლურია შემდეგი დებულებები:

- სიტუაციის კოგნიტურ მოდელში არსებობს კავშირები, როდესაც ის, რაც ხდება მთელში, არ გამოიყვანება მისი ელემენტებიდან, რომლებიც თითქოს არსებობენ ცალკეული მონაკვეთების სახით და შემდეგ ერთიანდებიან. პირიქით, ის რაც ვლინდება მთელის ცალკეულ ნაწილებში, განისაზღვრება ამ მთელის შინაგანი კავშირებით;

- სიტუაციის კოგნიტური მოდელი, როგორც მთელი, განსაზღვრავს ნაწილებს, ხოლო ყოველი ნაწილი წარმოადგენს მთელის განმსაზღვრელ, განსაკუთრებულ წევრს;
- სიტუაციის კოგნიტური მოდელი განსაზღვრავს მის ელემენტებს და პირიქით;
- სიტუაციის კოგნიტური მოდელი არის მარკერთა არა მექანიკური აგლომერაცია, არამედ შინაგანად ორგანიზებული, სისტემური ბუნების მქონე;
- მარკერის მნიშვნელოვნება შეისწავლება დაწვევრებული მთლიანობიდან ამოსვლით, მოდელის სხვა მარკერებთან მიმართების გათვალისწინებით.
- სიტუაციის კოგნიტური მოდელი შედგება არა იზოლირებულ ელემენტთა უბრალო ჯამისაგან, არამედ დანაწევრებული ურთიერთდამოკიდებულებებისაგან.

კოგნიტური მოდელირება ეფუძნება სცენარის მეთოდს, რომელიც იძლევა თვისებრივი და რაოდენობრივი მიდგომების ინტეგრირების საშუალებას.

სცენარი წარმოადგენს მომავლის მოდელს, რომელიც აღწერს მოვლენათა შესაძლო განვითარებას მათი რეალიზაციის ალბათობის ხარისხის მითითებით. სცენარი შეიძლება მოდელირდეს სამი მიმართულებით:

- სიტუაცია შეიძლება განვითარდეს პროცესებზე ყოველგვარი ზემოქმედების გარეშე (სიტუაცია თავისთავად ვითარდება);
- სიტუაცია შეიძლება განვითარდეს ზემოქმედების შერჩეული ფაქტორების ზეგავლენით;
- სიტუაცია შეიძლება შეიცვალოს ზემოქმედების ფაქტორების სინთეზის გზით.

სიტუაციის კოგნიტური მოდელი იგება იერარქიული სისტემების კონსტრუირების თეორიებისა და კოგნიტური მოდელირების ტექნოლოგიათა საფუძველზე, რაც იძლევა სისტემაში მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების იდენტიფიცირების საშუალებას.

დასკვნა

ამჟამად კოგნიტური მიმართულება თვისებრივად სხვა საფეხურზეა. იგი ისწრაფვის, გახსნას კონსტრუქტა მოდელირების რთული პროცესის არსი. კოგნიტური პარადიგმა მდიდრდება კონცეპტუალური ანალიზის ახალი ტექტიკით, რაც შლის კვლევის ახალ პერსპექტივებს.

კოგნიტური პარადიგმის ჩამოყალიბება გულისხმობს ენისა და ცნობიერების მიმართების გააზრების

მეთოდების, თავისებურებებისა და კანონზომიერებების ახალ შესაძლებლობათა გაჩენას, ასევე კონსტრუქტა ანალიზის ჩარჩოების გაფართოებას.

კოგნიტივისტები მუდმივად სრულყოფენ კონსტრუქტის აგების მეთოდოლოგიას, ახდენენ მის მოდიფიცირებას, რათა უკეთ ასახონ ადამიანისა და სინამდვილის ურთიერთქმედება.

კონსტრუქტა მოდელირების პროცესი ღია და პროგრესულია. კონსტრუქტის მოდელირების მეთოდოლოგიის სპეციფიკას განაპირობებს ის ფაქტი, თუ როგორ მიუდგება კონსტრუქტორი დაკვირვებების შედეგად მიღებულ მონაცემებს. ეს ძალიან მნიშვნელოვანი არჩევანია, ვინაიდან სწორედ დაკვირვებების შედეგად მიღებული მონაცემები განსაზღვრავს აგებული კონსტრუქტის თავისებურებას.

ლიტერატურა

1. Coulson S. Semantic leaps; Frame – shifting and conceptual blending. Cambridge University Press. 2001.
2. Jackendoff R. Parts and boundaries. Lexical and conceptual semantics. Eds. Levin B. and Pinker S. Oxford: “Blackwell”. 1991.
3. Hampton J. Conceptual combination. Knowledge, concepts and categories. Eds. Lamberts K. and Shanks D. MIT Press. 1997.
4. Minsky M. L. The society of mind. New York: “Simon and Schuster”. 1986.

UDC 519.816

SCOPUS CODE 3301

Cognitive analysis and the problem of modeling constructs

Rusudan Kutateladze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: r. kutateladze@gtu.ge

Maia Chkheidze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: maiachkheidze@yahoo.com

Ketevan Kutateladze Department of Industrial Innovations and Operations Management, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: kkutateli@gmail.com

Reviewers:

M. Kiknadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

A. Kobiashvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: anakobia@hotmail.com

Abstract. The article deals with the problem of modelling adequate constructs. The mentioned problem is related to the problem of appropriate methodology selection for the modeling an adequate construct. The methodology should ensure identification of the relationships within the construct, revealing the stable relations between the constants and variables.

Practical implementation of interdisciplinary and polyparadigmatic methodology is considered as a real possibility for using cognitive analysis and modeling technologies.

Key words: Cognitive analysis; conceptualization; construct; modeling.

UDC 519.816
SCOPUS CODE 3301

Когнитивный анализ и проблема моделирования конструкторов

- რუსუდან კუტატელაძე** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- მაია ჩხეიძე** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: maiachkheidze@yahoo.com
- კეთევან კუტატელაძე** Департамент производственных инноваций и менеджмента операций, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: kkutateli@gmail.com

Рецензенты:

- М. Кикнадзе**, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge
- А. Кобиашвили**, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: anakobia@hotmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема моделирования адекватных конструкторов. Упомянутая проблема связана с проблемой выбора методологии, относящейся к моделированию адекватного конструктора. Методология должна обеспечивать идентификацию отношений внутри конструкции и выявление устойчивых отношений между константами и переменными.

Практическая реализация междисциплинарности и полипарадигматической методологии считается реальной возможностью для использования когнитивного анализа и технологий моделирования.

Ключевые слова: когнитивный анализ, конструктор, моделирование, концептуализация.

განხილვის თარიღი 20.03.2019

შემოსვლის თარიღი 27.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

UDC 621.397.2

SCOPUS CODE 3302

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-188-194>

საქართველო-ევროკავშირის ურთიერთობების ტენდენციები და სამომავლო პერსპექტივები

ვახტანგ გვიშიანი პოლიტიკისა და საერთაშორისო ურთიერთობების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: vakhogvishiani@gmail.com

რეცენზენტები:

ხ. ქოქრაშვილი, თსუ-ის ივანე ჯავახიშვილის სახელობის ისტორიისა და ეთნოლოგიის ინსტიტუტი, ახალი და უახლესი ისტორიის განყოფილების უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი
E-mail: kh.kokrashvili@gmail.com

ზ. კვეტენაძე, სტუ-ის სამართლისა და საერთაშორისო ურთიერთობების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: zurab-kvetenadze@mail.ru

ანოტაცია. 2000-იანი წლების დასაწყისში ევროკავშირის მეხუთე გაფართოებამ ახალი გეოპოლიტიკური რეალობები შექმნა. ყოფილი საბჭოთა კავშირისა და სამხრეთი ხმელთაშუაზღვისპირეთის ქვეყნები გეოგრაფიულად ბევრად უფრო ახლოს აღმოჩნდნენ ევროკავშირთან. შესაბამისად, გაიზარდა მათი ზეგავლენაც ევროკავშირის სტაბილურობასა და უსაფრთხოებაზე. შეიძლება ითქვას, რომ სამეზობლო პოლიტიკის შემოდებით ევროკავშირმა უფრო გამიზნული და ეფექტიანად ოპერირებადი ხედვები და ინსტრუმენტები წარმოადგინა.

საქართველოს ევროკავშირში ინტეგრაციის პროცესთან ერთად, სტატიაში განხილულია ევროკავშირში ცენტრალური და აღმოსავლეთი ევროპის

ქვეყნების გაწევრიანების პროცესიც. სტატია გვთავაზობს ევროკავშირის გაფართოების მეხუთე ტალღის მონაწილე ქვეყნების მიერ ევროკავშირში გაწევრიანების პროცესის განვლილი გზის ანალიზს. საქართველოს ევროკავშირთან დაახლოების პროცესი, თავისი არსით, უახლოვდება ზემოაღნიშნული ქვეყნების მიერ განვლილი გზის, რეფორმებისა და ტრანსფორმაციის დინამიკას, თუმცა საქართველოსთვის სრული ინსტიტუციური ინტეგრაციის შესაძლებლობა და გაწევრიანება ჯერ კიდევ მნიშვნელოვან გამოწვევად რჩება.

საკვანძო სიტყვები: საქართველო და ევროკავშირის ინტეგრაცია; საქართველოს ევროკავშირში გაერთიანების ტენდენციები და პერსპექტივები; ცენტრალური და აღმოსავლეთი ევროპის ქვეყნები.

შესავალი

სამეზობლო პოლიტიკის განხორციელების ძირითადი მექანიზმები - როგორცაა სამოქმედო გეგმა და პროგრესის შესახებ ანგარიში - პირდაპირ გამოდებულია გაფართოების პროცესში დამკვიდრებული ინსტრუმენტებიდან, რითაც ევროკავშირის ფართო რეგიონული პოლიტიკა ტექნიკურად დაემსგავსა გაფართოების პროცესს. ამ პოლიტიკის მიზანი გახდა მეზობელი ქვეყნების ევროპეიზაცია, ტრანსფორმაცია ისეთი გზით, რომ მათი საკანონმდებლო და ინსტიტუციური გარემო ევროკავშირთან თავსებადი გამხდარიყო. შეიძლება ითქვას, რომ, მიუხედავად სამეზობლო პოლიტიკის გაცხადებული მიზნებისა, გაფართოების პოლიტიკისგან განსხვავებულობისა, მათი არსობრივი მხარე სრულ თანხვედრაშია ერთმანეთთან. შედეგად, სამეზობლო პოლიტიკის იდეალური მიზანი (დიფერენცირების პრინციპის გათვალისწინებით), საერთო რეგიონული ტრანსფორმაციის ფონზე, ამ ჯგუფის ზოგიერთი ქვეყნის ევროკავშირთან მაღალი ხარისხით ფუნქციური ინტეგრაციაა - თავისუფალი სავაჭრო რეჟიმი, ევროკავშირის ბაზარზე 10 ქვეყნისთვის წილის დამკვიდრება, უფრო მაღალი დონის თანამშრომლობა უსაფრთხოების, ენერჯეტიკის, ტრანსპორტის, სოფლის მეურნეობისა და სხვა სექტორებში. 2003-2008 წლებში ევროკავშირის პოლიტიკა ძირითადად სამეზობლო პოლიტიკის ფარგლებში ხორციელდებოდა. ევროკავშირის სამეზობლო პოლიტიკის ერთიან ინსტრუმენტში - (European Neighbourhoods and Partnership Instrument-ENPI) გაერთიანდა ევროკავშირის თითქმის ყველა სახის დახმარების პროგრამა, რომლებიც ფარავდა ყოფილი საბჭოთა კავშირის სივრცესა და სამხრეთი

ხმელთაშუაზღვისპირეთის რეგიონს. თუმცა, მულტინაციონალური და გლობალური ხასიათის პროგრამები და პროექტები მის გარეთ დარჩა. საქართველოს მხრიდან ამ პოლიტიკაში მონაწილეობის სურვილი და ამბიცია თავიდანვე ძალზე მაღალი იყო. საქართველოს ინიციატივებმა და მცდელობებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა სამხრეთ კავკასიის სამივე ქვეყნის კონსოლიდაციასა და მობილიზებაში, რომლის შედეგადაც 2004 წელს საქართველო, აზერბაიჯანი და სომხეთი ასევე შეიყვანეს სამეზობლო პოლიტიკაში. ვარდების რევოლუციის მიერ შექმნილმა მოლოდინებმა ასევე მისცა იმპულსი ამ გადაწყვეტილებას.

ძირითადი ნაწილი

ავვისტოს ომამდე ევროკავშირის საგარეო და უსაფრთხოების ერთიანი პოლიტიკა საქართველოში ძალზე პასიური იყო. კონფლიქტების მოგვარების მიმართულებით მას არ გააჩნდა სერიოზული ამბიციები და მისი პირდაპირი ჩართულობა შეიძლება ძალიან დაბალი მაჩვენებლით დავახასიათოთ. მაგალითად, ევროკავშირი სრულიად უარყოფდა აფხაზეთსა ან ცხინვალის რეგიონში (სამხრეთ ოსეთი) ნებისმიერი სახის სამშვიდობო ოპერაციაში ჩართვის შესაძლებლობას. შეიძლება ითქვას, რომ ავვისტოს ომმა ევროკავშირი გამოაფხიზლა და მკაფიოდ დაანახა მას საქართველოში, და შედეგად, მთელ სამხრეთ კავკასიაში მისი პოზიციების გავლენის მნიშვნელოვნად შესუსტების საფრთხე. ამის დასტურია ანგელა მერკელის მიერ ავვისტოს ომის შემდგომ საქართველოში ჩატარებული ვიზიტის დროს ნათქვამი სიტყვები, რომლებიც ქართულ მედიაში ფართოდ იქნა გაშუქებული,

რომ ის (გერმანია/ევროკავშირი) არ დაუშვებს სამხრეთი კავკასიის ოკუპაციით ევროკავშირისთვის ცენტრალურ აზიაში გასასვლელის ჩაკეტვას. შეიძლება ითქვას, რომ ამ გამოსვლაში გერმანიის კანცლერმა აღიარა ევროპის გეოპოლიტიკური ინტერესები და ამ ინტერესების რუსეთის მიერ შელახვის მცდელობა. როგორც ცნობილია, ამ დრომდე ევროკავშირში გეოპოლიტიკაზე საუბარი არაპოპულარული იყო (გარდა ენერგომომარაგების ალტერნატიული გზებისა). როგორც ჩანს, ამ მომენტში ევროკავშირში გადააფასეს საქართველოს გეოპოლიტიკური მნიშვნელობა ევროპისთვის და ის საფრთხე, რომელსაც რუსეთი უქმნიდა მას. საქართველო რეგიონის მასშტაბით დემოკრატიის გავრცელების პლატფორმად იქცა და ამ ასპარეზის დათმობა უკვე ახლად დაწყებული იდეოლოგიური ომის პირობებში მას აღარ სურდა.

2008 წლის შემდეგ საქართველოსთვის გამოიკვეთა ევროკავშირთან დაახლოების რეალური პერსპექტივა, მათ შორის თავისუფალი სავაჭრო სივრცის, სავიზო რეჟიმის მნიშვნელოვანი გამარტივებისა და ევროკავშირთან ასოცირების მიმართულებით. აღნიშნული საკითხები აღმოსავლეთი პარტნიორობის შესახებ ევროკომისიის პირველივე კომუნიკაციაში [1] აისახა, როგორც ორმხრივი თანამშრომლობის მთავარი ინსტრუმენტები. აგვისტოს ომი აღმოსავლეთი პარტნიორობის ამოქმედების კატალიზატორად მოგვევლინა, რადგანაც სწორედ, როგორც ზემოთ აღინიშნა, 2008 წლის პირველ სექტემბერს საქართველოს საკითხზე შეკრებილმა საგანგებო ევროპულმა საბჭომ გადაწყვეტილებებში მოსთხოვა ევროკომისიას აღმოსავლეთი პარტნიორობის ინიციატივის შესახებ კომუნიკაციის დაჩქარება.

2009 წელს პრეზიდენტის სამიტის გადაწყვეტილებების საფუძველზე ამოქმედდა აღმოსავლეთი პარტნიორობა. აღნიშნული სამიტი ჩატარდა შვედეთისა და პოლონეთის მთავრობების ინიციატივის შედეგად, ევროკომისიის მიერ 2008 წელს ევროპარლამენტისა და ევროსაბჭოსადმი წარდგენილი კომუნიკაციის საფუძველზე. ამ პროგრამამ პარტნიორ ქვეყნებს ასევე შესთავაზა ევროკავშირთან ორმხრივი ურთიერთობების ინსტიტუციური გაღრმავების პერსპექტივა ასოცირების შესახებ შეთანხმებისა და სავიზო დიალოგის სახით.

აღმოსავლეთ პარტნიორობის მრავალმხრივი თანამშრომლობა არ იძლევა იმაზე მეტის საშუალებას, რასაც დღეს ის ემსახურება, ხოლო ორმხრივი ურთიერთობების ფორმატი შემოფარგლულია, ეკონომიკური ინტეგრაციისა და პოლიტიკური ასოცირების მიზნებით.

2014 წლის 28 ივლისს ხელი მოეწერა ევროკავშირთან ასოცირების შესახებ შეთანხმებას. რა თქმა უნდა, ხელმოწერილ მასშტაბურ დოკუმენტს სოლიდური ისტორიული საფუძველი გააჩნდა. მანამდე არსებული პარტნიორობისა და თანამშრომლობის შეთანხმებამ კარგი ნიადაგი შექმნა მისთვის, ვინაიდან პრაქტიკულად ყველა იმ სფეროში, რომლებიც ასოცირების შეთანხმებაში ფიგურირებენ, უკვე არსებობდა თანამშრომლობის საკმაოდ წინ წასული ფორმები. მიუხედავად ამისა, ასოცირების შეთანხმება უდიდესი ნაბიჯია საქართველოს ევროპული ინტეგრაციის ისტორიაში. ის ამყარებს ღრმა და ყოვლისმომცველ თავისუფალ სავაჭრო სივრცეს, თავისუფლებს ყველა სახის სატარიფო და არასატარიფო ბარიერების უმრავლესობისგან პრაქტიკულად ყველა სახის საქონელსა და მომსახურებას და,

ამავე დროს, მოითხოვს საქართველოს მარეგულირებელი ჩარჩოს მნიშვნელოვნად დაახლოებას ევროკავშირის *acquis*-თან (*Acquis Communautaire*-ს (*acquis* შემოკლებით უწოდებენ ევროკავშირის ინსტიტუტების მიერ მიღებული ან წევრ სახელმწიფოებს შორის ჰარმონიზებული სამართლებრივი აქტების ერთობლიობას). პოლიტიკური თანამშრომლობის დონე ასევე ძალზე მაღალი სტანდარტით გამოირჩევა. კვლევებით დადასტურებულია, რომ საგარეო, უსაფრთხოებისა და თავდაცვის დარგში თანამშრომლობის დებულებები საქართველო-ევროკავშირის ასოცირების შესახებ შეთანხმებაში არანაკლებ მძლავრია, ვიდრე კანდიდატ სახელმწიფოებთან დადებულ ასოცირების შეთანხმებებში, და მრავალი მიმართულებით თანამშრომლობის ასპექტები ბევრად უფრო დეტალურად არის გაწერილი [2].

ასოცირების შესახებ შეთანხმება ასევე ფარავს 22 სფეროში მჭიდრო თანამშრომლობის საკითხებსა და მძლავრ ინსტრუმენტს წარმოადგენს იმისთვის, რომ ქვეყანამ ევროკავშირის ბაზარზე შეღწევა და დარგობრივი თანამშრომლობის მაღალი დონით მოახდინოს ფუნქციური ინტეგრაცია ევროპულ სტრუქტურებთან და გაზარდოს ევროკავშირთან ეკონომიკური ინტეგრაციის ხარისხი. დამატებით შეიძლება აღვნიშნოთ საქართველოს მიერ ევროკავშირთან ხელმოწერილი „ერთიანი საჰაერო სივრცის შესახებ შეთანხმება“, „გეოგრაფიული ინდიკატორების ურთიერთცნობის შესახებ შეთანხმება“, „ჩარჩო შეთანხმება საქართველოს შეიარაღებული ძალების ევროკავშირის სამშვიდობო ოპერაციებში მონაწილეობის შესახებ“ და სხვ.

დაახლოებით სამი წლის განმავლობაში საქართველოს ხელისუფლებამ გაატარა ყველა საჭირო

რეფორმა. ჯამში მიღებული იქნა 60-ზე მეტი საკანონმდებლო ცვლილება და 70-მდე კანონქვემდებარე აქტი, ინსტრუქცია, რეგულაცია, 9 ეროვნული სტრატეგია და მოხდა 7 საერთაშორისო კონვენციის რატიფიცირება [3]. 2017 წლის მარტის ბოლოდან, ყველა საჭირო პროცედურის დასრულების შემდგომ, ქვეყნის მოქალაქეებს მიეცათ ევროკავშირის შენგენის შეთანხმების მონაწილე ქვეყნებში (რომლებსაც უერთდებიან EFTA-ს წევრი ქვეყნები და შვეიცარია) მოკლევადიანი ვიზიტების განხორციელების საშუალება უვიზოდ. ეს შესაძლოა აღქმულ იქნეს, როგორც ერთი მნიშვნელოვანი ნაბიჯი საქართველოს ევროკავშირთან დაახლოებისა და სამომავლო ინტეგრაციის გზაზე. ამ მოვლენამ გავლენა იქონია ევროკავშირში საქართველოს ინტეგრაციის პროცესის მიმართ მოსახლეობის მხარდაჭერაზეც.

ინფრასტრუქტურული კავშირები აუცილებელი პირობაა ევროკავშირთან ინტეგრაციისთვის. გაფართოების აღწერილი პროცესები ამ კავშირების ინტენსიური განვითარების ფონზე მიმდინარეობდა/მიმდინარეობს. როგორც ცენტრალური და აღმოსავლეთი ევროპის, ასევე დასავლეთი ბალკანეთის სახელმწიფოებს კარგად განვითარებული სატრანსპორტო და ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურული კავშირები გააჩნდათ ევროკავშირის წევრ ქვეყნებთან, თუმცა უამრავი ძალისხმევა დაიხარჯა და იხარჯება იმისთვის, რომ ეს კავშირები კიდევ უფრო განვითარდეს.

ასოცირების შეთანხმება – გაფართოების ყველა მაგალითი ცხადყოფს, რომ ევროკავშირის წევრობის ძირითადი მოსამზადებელი ინსტრუმენტი ასოცირების შესახებ შეთანხმებაა. კანდიდატი სახელმწიფოების შემთხვევაში ეს შეთანხმებები ადგენს ე.წ.

„ევროპულ პერსპექტივას“ როგორც შეთანხმების რეალიზაციის მიზანს. ამის გარდა, შეთანხმება ქმნის უკვე განსაკუთრებული პოლიტიკური და ეკონომიკური ურთიერთობების ჩარჩოს, რომელიც თანდათანობით კანდიდატი სახელმწიფოს ევროკავშირთან სრულ ფუნქციურ ინტეგრაციას უზრუნველყოფს.

გაწევრიანების პროცესში ძალზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ქვეყნის სტაბილურობა. გაფართოება დასავლეთ ბალკანეთში მხოლოდ მას შემდეგ დაიწყო, რაც კონფლიქტების არგანახლების რეალური საფუძველი გაჩნდა. შემდგომშიც რეგიონული თანამშრომლობის ვალდებულება, რომელიც სტაბილიზაციისა და ასოცირების პროცესის მონაწილე ქვეყნებს დაეკისრათ, პირველ რიგში მშვიდობის მდგრადობის მიზანს ემსახურებოდა.

დასკვნა

ქვეყანას უნდა გააჩნდეს ფუნქციური ინტეგრაციის შესაძლებლობა. გაწევრიანებას წინ უძღვის ფუნქციური ინტეგრაციის ელემენტების განვითარება და ქვეყნის დაახლოება ევროკავშირთან, ვაჭრობის გაღრმავება, ადამიანების კონტაქტები,

ეკონომიკური და დარგობრივი თანამშრომლობა, განათლების სისტემის დაახლოება, სამეცნიერო თანამშრომლობა, ენერგეტიკული ქსელების დაკავშირება, დამაკავშირებელი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება და ა.შ. ეს იგულისხმება არა მარტო ევროკავშირთან მიმართებაში, არამედ რეგიონში, მეზობელ ქვეყნებთანაც, მით უმეტეს მათთან, ვინც ევროკავშირში გაწევრიანებისკენ მიისწრაფვის.

ევროკავშირის პროგრამებისა და სააგენტოების მუშაობაში მონაწილეობამ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა კანდიდატი ქვეყნების ფუნქციური ინტეგრაციისათვის.

ასპირანტი სახელმწიფო, ისეთი, როგორც საქართველო, აუცილებლად უნდა ეცადოს, რომ ინტენსიურად გაატაროს საჭირო რეფორმები, თუმცა დიფერენცირებული ინტეგრაციის მოდელი ალბათ შემოიტანს კრიტერიუმების დიფერენცირებულად დაკმაყოფილების წესსაც. ამ შემთხვევაში კი ქვეყანას შეეძლება, პირველ რიგში, იმ კრიტერიუმების დაკმაყოფილებაზე იზრუნოს, რომლებიც მისი ინტეგრაციის მიმდინარე ეტაპისთვისაა აუცილებელი.

ლიტერატურა

1. 'Eastern Partnership', Communication from the Commission to the European Parliament and the Council COM(2008) 823 final, 3 December 2008, 4 p.
2. Gogolashvili, K., European Union-Georgia political association: Scope and ambition. 2014. (in Georgian).
3. Fourth progress report on Georgia's implementation of the action plan on visa liberalisation (VLAP).
4. NDI Poll: Georgians increasingly support EU and Euro-Atlantic aspirations. View Russia as a threat. National Democratic Institute press release. 2017.
5. URL: <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/20631/1/JEP-IMF-WP.pdf>
6. URL: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A6-2007-0414+0+DOC+XML+V0//EN>
7. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0303&from=EN>
8. URL: http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/er/107589.pdf
9. A secure Europe in a better world—European security strategy. 2003.

10. URL: http://www.nato.int/cps/en/natolive/topics_50349.htm

11. Bucharest Summit Declaration. 2008

UDC 621.397.2

SCOPUS CODE 3302

Georgia – EU relations tendencies and future perspectives

Vakhtang Gvishiani Phd Student of the Faculty of Law and International Relations. Georgian Technical University. Georgia 0160, Tbilisi, M. Kostava 77
E-mail: vakhogvishiani@gmail.com

Reviewers:

Kh. Kokrashvili, Senior Scientific Researcher, Ivane Javakhishvili Institute of History and Ethnology, TSU
E-mail: kh.kokrashvili@gmail.com

Z. Kvetenadze, Prfoessor, Faculty of Law and International Relations, GTU
E-mail: zurab-kvetenadze@mail.ru

Abstract. Along with Georgia's EU integration process, the article also discusses the process of EU integration in the countries of Central and East Europe. The articles also reviews dynamics and tendencies of the countries involved in the fifth wave of EU expansion. The process of further cooperation between EU and Georgia resembles the path many of the fifth wave expansion countries went through. However, there are still significant obstacles Georgia has to overcome to become a member of the EU.

Key words: Georgia-EU integration; Central and Eastern European Countries; tendencies and perspectives of Georgia's EU integration.

UDC 621.397.2
SCOPUS CODE 3302

Тенденции и перспективы развития отношений Грузии и ЕС

Вахтанг Гвишиани Департамент политики и международных отношений, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: vakhogvishiani@gmail.com

Рецензенты:

Х. Кокрашвили, старший научный сотрудник отделения новой и новейшей истории Института истории и этнологии им. Иванэ Джавахишвили

E-mail: kh.kokrashvili@gmail.com

З. Кветенадзе, профессор факультета права и международных отношений ГТУ

E-mail: zurab-kvetenadze@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен процесс интеграции Грузии в Европейский Союз на примере стран Центральной и Восточной Европы. В работе дан анализ нитей, которые прошли эти страны – страны пятой волны. Процесс сближения Грузии и ЕС, по сути, похож на путь, который пройден вышеупомянутыми странами. Однако, несмотря на проведенные реформы и динамику трансформации, вопросы полной институциональной интеграции и членства Грузии в ЕС пока что остаются открытыми.

Ключевые слова: интеграция Грузии и ЕС; тенденции и перспективы интеграции Грузии в ЕС; страны Центральной и Восточной Европы.

განხილვის თარიღი 18.03.2019

შემოსვლის თარიღი 31.03.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.07.2020

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

ასათიანი ნ. 141, 151	ქუთათელაძე ქ. 181
ბუიშვილი ი. 97	შარიქაძე მ. 50
გვიშიანი ვ. 188	ჩომახიძე ხ. 77
გრატიაშვილი დ. 141, 151	ჩხეიძე მ. 181
გუგულაშვილი გ. 117, 125	Kajaia T. 17
გუჯეჯიანი მ. 86, 97	Kharkhelauri Kh. 17
თავდუმაძე ი. 50	Maziashvili N. 17
თითმერია ნ. 77	Mchedlishvili Z. 110
ისაკაძე თ. 117, 125	Гулуа Е. 165, 174
კიკნაველიძე გ. 77	Какубава Р. 165, 174
ლოთიშვილი გ. 159	Мамаладзе Т. 104
მაისურაძე დ. 97	Нозадзе Н. 133
მეგრელიძე თ. 117, 125	Пипия Г. 165, 174
ნამიჩიშვილი ო. 24	Tavkheldize D. 110
რამაზაშვილი მ. 24	Цирекидзе Г. 133
სურამელაშვილი ზ. 50	Чхаидзе Т. 133
ფრანგიშვილი ა. 24	Эсадзе С. 104
ქუთათელაძე რ. 181	Эсадзе Т. 104

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

ამყოლაძე გ. 77	შუბლაძე თ. 86, 97
ბოსტანაშვილი დ. 159	მიმიგური მ. 151
გასიტაშვილი ზ. 24	ჯაფარიძე ზ. 117, 125
დავითაია მ. 141	ჯიქია ნ. 50
თევზაძე მ. 141, 151	Bladze M. 17
კვეტენაძე ზ. 188	Devidze T. 17
კიკნაძე მ. 181	Goletiani G. 110
კილურაძე ო. 77	Mchedlishvili T. 110
კობიაშვილი ა. 181	Кахиани Л. 104
ლომინაძე თ. 50	Кватадзе З. 165, 174
მემმარიაშვილი ე. 86, 97	Киртадзе А. 165, 174
მჭედლიშვილი ნ. 24	Кисишвили Л. 133
სულაძე ს. 117, 125	Мегრелидзе Т. 133
ფირცხალავა ვ. 159	Табатадзе Д. 104
ქოქრაშვილი ხ. 188	

ავტორთა საყურადღებოდ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარტალური რეგულირებადი მულტიდისციპლინური პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში – Index Copernicus International.

- სტატია (მიიღება ქართულ, ინგლისურ, რუსულ ენებზე) ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე.
- სტატიის ავტორთა რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს სამს.
- ავტორს შეუძლია საგამომცემლო სახელში პუბლიკაციისათვის მოგვაწოდოს ან ელექტრონული ფოსტით sagamomcemlosakhli@yahoo.com მისამართზე გამოგვიგზავნოს ერთი ან რამდენიმე სტატია, აგრეთვე თანდართული დოკუმენტაციის დასკანერებული ფაილები, მაგრამ კრებულის ერთ ნომერში გამოქვეყნდება მხოლოდ ორი ნამუშევარი.

ელ. ფოსტით სტატიის გამოგზავნის შემთხვევაში გთხოვთ გაითვალისწინოთ შემდეგი მოთხოვნები:

- Subject ველში (თემა) მიუთითეთ კრებულის დასახელება და ავტორის (ავტორების) გვარი.
- გამოიყენეთ ფაილის მიმაგრება (Attach).
- დიდი მოცულობის ფაილის შემთხვევაში გამოიყენეთ არქივატორი (ZIP, RAR).

• სტატია შედგენილი უნდა იყოს მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტები პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

• ვინაიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების კრებული არის არაკომერციული გამოცემა, ჩვენი მეცნიერი თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

• საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს № 200 დადგენილებით (22.01.2010წ.), ფიზიკურმა პირმა, რომელიც არ არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელი, შრომების კრებულში სტატიის გამოქვეყნებისთვის წინასწარ უნდა შეიტანოს ან გადმორიცხოს საჭირო თანხა (1 გვერდი – 10 ლარი) და სტატიის დოკუმენტაციას (ორი რეცენზია და ორგანიზაციის სამეცნიერო საბჭოს მიმართვა სტატიის სტუ-ის შრომების კრებულში გამოქვეყნების შესახებ) დაურთოს გადახდის ქვითარი. გრაფაში „გადახდის დანიშნულება“ უნდა ჩაიწეროს „სტატიის გამოქვეყნების ღირებულება“.

სტუ-ის საბანკო რეკვიზიტებია: სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192; მიმღების ბანკი: სახელმწიფო ხაზინა; მიმღების დასახელება: ხაზინის ერთიანი ანგარიში; ბანკის კოდი: TRESGE22; მიმღების ანგარიში: სახაზინო კოდი 708977259.

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს ნაბეჭდი სახით A4 ფორმატის ფურცელზე, არანაკლებ 5 გვერდისა (არეები – 2 სმ, ინტერვალი – 1,5).
- სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc ან docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი – ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;

- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი Sylfaen, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტებისთვის – შრიფტი Times New Roman, ზომა 12;

სტატიას უნდა ერთვოდეს შემდეგი ინფორმაცია:

- უაკ (უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაცია) კოდი.
- ცნობები ავტორის (ავტორების) და რეცენზენტების შესახებ ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე:
 - ყველა ავტორის სახელი და გვარი სრულად, E-mail-ი, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონი;
 - დეპარტამენტის დასახელება. ორგანიზაციის სრული სახელწოდება – ყოველი ავტორის მუშაობის ადგილი, ქვეყანა, ქალაქი.
 - რეცენზენტთა გვარები და სახელები სრულად, ელექტრონული ფოსტის მისამართი, სამეცნიერო წოდება, დეპარტამენტის ან სამუშაო ადგილის დასახელება.

სტატია უნდა შეიცავდეს:

- ანოტაციას ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (100–150 სიტყვა). *უცხოელი მკითხველისათვის ანოტაცია არის სტატიის შინაარსისა და მასში გადმოცემული კვლევის შედეგების შესახებ ინფორმაციის ერთადერთი წყარო. სწორედ იგი განსაზღვრავს ინტერესს მეცნიერის ნაშრომის მიმართ და, მაშასადამე, სურვილს, დაიწყოს დისკუსია ავტორთან, გამოითხოვოს სტატიის სრული ტექსტი და ა.შ.*

ანოტაცია უნდა იყოს:

- ინფორმაციული (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს);
- ტექსტი ინგლისურ და რუსულ ენებზე უნდა იყოს ორიგინალური;
- უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს;
- სტრუქტურირებული (მიჰყვებოდეს სტატიაში შედეგების აღწერის ლოგიკას).

უნდა შეიცავდეს:

- სტატიის საგანს, თემას, მიზანს (რომლებსაც უთითებთ იმ შემთხვევაში, თუ ეს არ არის ცხადი სტატიის სათაურიდან);
 - კვლევის ჩატარების მეთოდს ან მეთოდოლოგიას (სამუშაოს ჩატარების მეთოდის ან მეთოდოლოგიის აღწერა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, თუ იგი გამოირჩევა სიახლით, საინტერესოა მოცემული ნაშრომის თვალსაზრისით);
 - კვლევის შედეგებს;
 - შედეგების გამოყენების არეალს;
 - დასკვნას;
- საკვანძო სიტყვებს, დალაგებულს ანბანის მიხედვით (ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე);
 - სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილ შესავალს, ძირითად ნაწილს და დასკვნას;

- სურათების ან ფოტოების კომპიუტერულ ვარიანტს, შესრულებულს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით, გარჩევადობა – არანაკლებ 150 dpi-სა.
- ლიტერატურა
 - საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით, გამოყენებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს არანაკლებ ათისა.

წარმოდგენთ გამოსაქვეყნებელ სტატიაში გამოყენებული ლიტერატურის გაფორმების წესს:

ყველა ავტორის გვარი და ინიციალები მოცემული უნდა იყოს ლათინური ანბანის ასოებით, ე.ი. ტრანსლიტერაციით, სტატიის სახელწოდება – თარგმნილი ინგლისურად, წყაროს (ჟურნალის, შრომების კრებულის, კონფერენციის მასალების) სახელწოდება – ტრანსლიტერაციით; გამოსასვლელი მონაცემები – ინგლისურ ენაზე (სტატიის ენა მიეთითება ფრჩხილებში).

ლიტერატურა (ნიმუში)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის:

- ორი რეცენზია (იხ. ნიმუში)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- ფაკულტეტის საგამომცემლო საქმის დარგობრივი კომისიის ოქმის ამონაწერი (იხ. ნიმუში) http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
დოკუმენტები დამოწმებული უნდა იყოს ფაკულტეტის ბეჭდით.
ავტორს შეუძლია ნიმუშად გამოიყენოს კრებულის ერთ-ერთი ბოლო ნომერი.

აქტის ნიმუში

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის _____ ფაკულტეტის

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის _____ დარგობრივი კომისიის

აქტი № _____

„_____”

სხდომას ესწრებოდნენ:

დარგობრივი კომისიის წევრები:

(მიუთითეთ კომისიის შემადგენლობა) _____

განსახილველი სტატიის ავტორი/ავტორები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

3. _____

რეცენზენტები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

დარგის მოწვეული სპეციალისტები:

1. ნაშრომის განხილვა

2. (მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიის მიერ გამოყოფილია რეცენზენტები:

1. _____

2. _____

2. ნაშრომის საჯარო განხილვა

1. მოისმინეს: ავტორის/ავტორების *(მიუთითეთ)* ინფორმაცია განსახილველად წარმოდგენილი სტატიის შესახებ. _____

ნაშრომის ანოტაცია

3. მოისმინეს: რეცენზენტის/რეცენზენტების *(მიუთითეთ)* არგუმენტირებული შეფასება სტატიის აქტუალობის, სიახლის და გამოცემის მიზანშეწონილობის შესახებ. _____

4. მოისმინეს: ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის დასკვნა-რეკომენდაცია *(მიუთითეთ მომხსენებლის ვინაობა)* _____ სტატიის გამოცემის შესახებ.

აზრი გამოთქვას:

დაადგინეს:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტის

(მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივ კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

რეკომენდაციას უწევს სტატიის გამოქვეყნებას სტუ-ის შრომათა კრებულში.

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარე

კომისიის მდივანი

კომისიის წევრები:

**ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარის
ხელმოწერის სინამდვილეს ვადასტურებ
ფაკულტეტის დეკანი *(ხელმოწერა)***

რეცენზიის ნიმუში

1. ნაშრომის დასახელება სრულად

2. ავტორის/ავტორების სამეცნიერო წოდება, სამუშაო ადგილი, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა

3. ნაშრომში დასმული ამოცანის მოკლე მიმოხილვა

4. გამოსაქვეყნებლად მომზადებული ნაშრომის აქტუალურობა

5. ძირითადი ასპექტები, რომლებიც განხილულია ავტორის მიერ

6. რეკომენდაცია ნაშრომის გამოქვეყნებისათვის (იმ შემთხვევაში თუ სარეცენზიო ნაშრომი სამეცნიერო სტატიას, აუცილებელია სამეცნიერო ჟურნალის დასახელების მითითება)

7. რეცენზენტის გვარი და სახელი სრულად, სამუშაო ადგილი, სამეცნიერო წოდება, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა (სტატიის რეცენზირების შემთხვევაში რეცენზენტის მონაცემები გამოქვეყნებული იქნება სტატიასთან ერთად)

Guidelines for Authors

Collection of Academic Works of Georgian Technical University is a multidisciplinary quarterly refereed periodical included in Index Copernicus International.

- An article (accepted in Georgian, English or Russian) is published in the original language;
- The number of authors of an article should not exceed three;
- Authors should submit original copies of one or more articles for publication to the publishing house or send scan versions to sagamomcemlosakhli@yahoo.com along with supporting documentation, but only two articles from the same author(s) will be published in one edition;

To submit scan versions via email please follow the instructions:

- *In the Subject line indicate the collection of works and the name(s) of author(s).*
 - *Attach the file(s) properly;*
 - *Use ZIP or RAR file compressors in case of large files to attach.*
-
- The article should be literal, well-structured and apply proper terminology to convey the author's constructive arguments relevant to the subject. The authors and reviewers are responsible for the content and quality of an article;
 - The collection of works of GTU is a non-commercial publication and running the articles of our researchers and for PhD students is free of charge;
 - According to the Resolution No.200 of GTU Academic Council (22.01.2010), authors who are not the employees at the University, should make the preliminary payment by cash or transfer to have their paper published (10 GEL per page). Copy of the payment receipt should be enclosed with the supporting documentation (two reviews and a reference by the organization's academic board on publishing the article in GTU collection of scientific papers). "Cost of article publication" shall appear as subject in the "purpose of payment" field.

GTU bank details: LEPL Georgian Technical University; organization's identification number 211349192; beneficiary bank: State Treasury; beneficiary: joint treasury account; bank code: TRESGE22; Account number: treasury code 708977259.

How to form an academic article:

- The text should be presented in print-out form (A4), no less than 5 pages (margins - 2 cm, line spacing - 1,5);
- Only MS Word versions of texts are accepted (doc or docx) presented electronically on any magnetic carrier;
- For Georgian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt;
- For English and Russian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt.

The accompanying information to the article should include:

- Universal Decimal Classification (UDC)
- Information about the author(s) and reviewers in Georgian, English and Russian:
 - Full name, academic title, email and phone number of each author;
 - Department, full name of organization – place of employment of each author, area/town, country;
 - Full name, email, academic title, department or place of employment of each reviewer.

The article should include:

- An abstract in Georgian, English and Russian (100-150 words long). *For foreign readers an abstract is the only source of information about the content of an article and results of the research conveyed by it. An abstract therefore defines the reader's interest towards the article and possibility of further outreach to the author for the full text, etc.*

An abstract should be:

- *Informative (free of generalized terms and statements);*
- *Original (with quality translations in English and Russian with the proper application of terminology);*
- *Specific (conveying the core content of an article);*
- *Properly structured (consistent with the research results given in the article).*

An abstract should contain:

- *The subject, topic and objective of an article (indicated in case if these are not clear from the title);*
- *Method or methodology of research performed (expected to be described when and if this method or methodology are new and interesting with reference to the article);*
- *Research results;*
- *Area of application of research results;*
- *Conclusion.*

- Key words sorted by alphabet (Georgian, English and Russian);
- Sections should be outlined Introduction, Main Part and Conclusion;
- Digital version of drawings or images in any graphic format, resolution 150 dpi;
- Reference
 - By the recommendations of Databases of International Scientific Journals the number of references should be no less than ten.

How to form the reference section in the article:

Name and surname of each author should be given in Latin letter initials, title of the articles – translated in English, name of the source (journal, collection of works, conference materials) – with transliteration (original language of the article should be indicated in brackets).

References (sample)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.

- http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
 3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
 4. Energy strategy of France McDoleg_butenko 20 May, 2009 (In Russian).
 5. Svanidze G.G., Gagua V.P., Sukhishvili E.V. “Renewable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
 6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electricity Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqniki Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Requirements for the submission of articles by the employees and for PhD students of Georgian Technical University:

- Two reviews (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
 - Minutes of the sectoral committee of the faculty publishing (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
- Documents should be verified with the faculty stamp.

Notice to Authors

Authors may consider one of the previous editions of GTU Collection of Academic Works as an example

К сведению авторов

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является ежеквартальным мультидисциплинарным реферируемым периодическим изданием, которое зарегистрировано в международной базе электронных данных _ Index Copernicus International.

- Статьи (принимаются на грузинском, английском, русском языках) публикуются на языке оригинала.
- Количество авторов статьи не должно превышать 3.
- Автор может предоставлять для публикации в Издательском доме или по электронной почте (на следующий адрес: sagamomcemlosakhli@yahoo.com) одну или несколько статей, а также в сканированных файлах сопутствующую документацию, но в одном номере могут быть опубликованы только две работы.

- ***В случае статей, присылаемых по эл. почте, просьба предусмотреть следующие требования:***

- *указать в эл. Subject-е название сборника (тема) и фамилию автора (авторов);*

- *использовать Attach (приложить файл);*

- *в случае большого объема файла применить архиватор (ZIP, RAR).*

- Статья должна быть составлена грамотно, с соблюдением терминологии. Автор (авторы) и рецензенты несут ответственность за содержание и качество статьи.

- Поскольку сборник трудов Грузинского технического университета является некоммерческим изданием, для сотрудников статьи публикуются бесплатно.

- Согласно постановлению академического совета №200 (22.01.2010 г.), физическое лицо, не являющееся сотрудником университета, для публикации статьи в сборнике трудов должно заранее внести или перечислить необходимую сумму (1 страница стоит 10 лари) за статью и соответствующую документацию (две рецензии и направление научного совета организации о публикации статьи в сборнике трудов ГТУ), приложив справку об оплате. В графе «Назначение оплаты» следует записать «стоимость публикации статьи».

Банковские реквизиты ГТУ: Юридическое лицо публичного права (ЮЛПП); Грузинский технический университет; идентификационный код 211349192; банк приема; государственная казна; название получателя: единый счет казны; код банка: TRESGE22; счет получателя: код казны 708977259.

Предлагаем порядок оформления научной статьи:

- статья должна быть представлена в напечатанном виде на странице формата А4, содержать не меньше 5 страниц (поля – 2 см, интервал – 1,5);
- статья должна быть выполнена в виде файла doc или docx (MS Word) и записана на любом магнитном носителе;

- для грузинского текста применять шрифт Sylfaen, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Sylfaen, размер 12;

Статья должна сопровождаться следующей информацией:

- код УДК (Универсальная десятичная классификация).

Сведения об авторе (авторах) на грузинском, английском и русском языках:

- полностью имя и фамилия автора (авторов), E-mail, научная степень и контактный телефон;
- название департамента, полное название организации – место работы каждого автора – страна, город;
- полностью фамилии и имена рецензентов, адрес электронной почты, научное звание, название департамента или места работы.

К статье должны прилагаться:

- Аннотация на грузинском, английском и русском языках (100-150 слов). ***Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о результатах исследований, приведенных в содержании статьи. Именно это определяет интерес ученого к работе и, соответственно, желание начать дискуссию с автором, познакомиться с полным текстом статьи и т.д.***

Аннотация должна быть:

- *информационной (не должна содержать общих слов и фраз);*
- *оригинальной (перевод на английском и грузинском языках должен быть качественный, при переводе следует использовать специальную терминологию);*
- *содержательной (должна отражать основное содержание статьи и результаты исследования);*
- *структурированной (следовать в статье логике описания результатов).*

Должна содержать:

- *предмет статьи, тему, цель (которые указывают в том случае, если это не ясно из заглавия статьи);*
- *метод или методологию проведенного исследования (описание метода или методологии проведенной работы целесообразно в том случае, если они выделяются новизной, интересны с точки зрения данной работы);*
- *результаты исследования;*
- *ареал использования результатов;*
- *выводы;*
- ключевые слова, расположенные по алфавиту (на грузинском, английском и русском языках);
- в статье должны быть выделены подзаголовки: введение, основная часть и заключение (выводы);
- компьютерные варианты чертежей или фотографий должны быть выполнены в любом графическом формате, разрешением – не менее 150 dpi.
- Литература

По рекомендации базы данных международных научных журналов, число использованной литературы желательно должно быть не меньше 10.

Представляем порядок оформления в публикуемой статье использованной литературы:

Фамилия и инициалы всех авторов должны быть выполнены буквами латинского алфавита, т.е. транслитерацией; название статьи с переводом на английский язык; название источников (журнала, сборника трудов, материалов конференции) – транслитерацией (язык статьи указан в скобках).

Литература (Образец)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Для представления статьи должен быть приложен перечень необходимых документов для сотрудников и докторантов Грузинского технического университета:

- две рецензии (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- выписка из протокола отраслевой комиссии по издательскому делу факультета (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
документы должны быть удостоверены печатью факультета.

Автор может использовать в качестве образца один из последних номеров издания.

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2>

რედაქტორები: მ. ბაზაძე, ნ. ჟიჟილაშვილი, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 01.04.2020. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 07.08.2020. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 11.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent