

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

N4(522)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2021

დასრულებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

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

ყვედა უფდება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სცაფიის (ჟექსცი, ფოფო, იღუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება ანც ერთი ფონმითა და საშუალებით (ელექტრონული 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 „ჟექნიკური 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

- დ. გორგიძე

სარედაქტორო კოლემბი:

- ა. აბშიღვა, პ. ადბნეხცი (გერმანია), ნ. ბალათური, გ. ბიბიდიშვიდი, პ. ბიედივი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, ი. გაბისონია, გ. გავრდაშვიდი, 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. კაკულია, ვ. კვარაცხელია, გ. კვესცაძე, გ. კობახიძე, მ. კოსიორ-კაბბერევი (პოლონეთი), ი. კუტუბიძე, მ. კუხადიშვიდი, ბ. ღომსაძე, პ. მამელოვი (აბერბაიჯანი), ვ. მაფვეკვი (რუსეთი), ნ. მახვიდაძე, ე. მეძმარიაშვიდი, ს. მინასიანი (სომხეთი), ს. მიპარა (იაპონია), თ. ნაწრიაშვიდი, ა. ნონეშვიდი, ბ. ჟუმაგულოვი (ყაბახეთი), გ. საღუქვაძე, ა. სიკორსკი (პოლონეთი), ი. სიკოვი (პოლონეთი), ა. სუბუკი (იაპონია), გ. ცყემდაძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აბერბაიჯანი), ა. ფრანგიშვიდი, გ. ქვარცხავა, რ. ქუთათედაძე, ნ. ყავდაშვიდი, ნ. შავიშვიდი, ს. შმიდცი (გერმანია), პ. შეროერი (გერმანია), გ. ჩოგოვაძე, თ. ცინცაძე, თ. ძაგანია, ნ. წერეთელი, ბ. წერიაძე, ნ. წიგნაძე, ა. ხვედიძე, რ. ხუროძე, ი. ჯაგოდნიშვიდი.

სამმცნიერო კონსულტანტემბი:

- ა. აბრღავა, გ. აბრამიშვიდი, ჯ. ბერიძე, ჯ. გაბელია, დ. გორგიძე, რ. გრიგოლია, შ. დევანოსიძე, რ. დიაკონიძე, შ. დოლონაძე, ჯ. იოსებიძე, თ. კაიშაური, ც. კვიციანი, ი. კველეღვა, ბ. კოვბირიძე, ნ. დოდაძე, თ. ღომინაძე, ნ. ღომინაძე, თ. მაგრაქვედიძე, ი. მეგრელიშვიდი, გ. მედაძე, პ. მედაძე, მ. მეძმარიაშვიდი, დ. მძინარიაშვიდი, ბ. მხეიძე, თ. ნამიჩეიშვიდი, დ. ნაწროშვიდი, შ. ნაქყეობა, ა. სონლოდაშვიდი, თ. ფარესიშვიდი, დ. ყუფარაძე, ბ. შანშიაშვიდი, ა. ჩიქოვანი, თ. ჩუბინიშვიდი, ე. ცქიციშვიდი, ბ. წამადაძე, კ. წერეთელი, შ. წეროძე, ნ. ქითანავა, მ. ხოსიფაშვიდი, თ. ჯაგოდნიშვიდი.

© საგამომცემლო სახდი „ჟექნიკური უნივერსიტეტი“, 2021



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

D. 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), 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“, 2021



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

Д. А. Горгидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Г. Абшилава, Г. Альбрехт (Германия), Н. Ш. Багатурия, Г. В. Бибилеишвили, П. Билик (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. Кухалешвили, 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), 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“, 2021



რევაზ არველაძე



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორს, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, მრავალი ჯილდოსა და ვახტანგ გორგასლის მეორე ხარისხის ორდენის კავალერს, ღვაწლმოსილ მეცნიერს, ბატონ რევაზ არველაძეს 80 წელი შეუსრულდა.

ბატონი რევაზი დაიბადა 1941 წლის 28 ოქტომბერს ქ. თბილისში. 1964 წ. დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკის ფაკულტეტი სპეციალობით „ელექტრული ქსელები და სისტემები“.

დიდია ბატონი რევაზის ღვაწლი ენერგეტიკის დარგის განვითარებაში. ის წლების განმავლობაში მუშაობდა სხვადასხვა საპასუხისმგებლო თანამდებობაზე. 1980–1984 წწ. იყო საქართველოს მინისტრთა საბჭოს უფროსი რეფერენტი, მრეწველობისა და ენერგეტიკის განყოფილების გამგის მოადგილე, 1984–1990 წწ. სახელმწიფო დეპარტამენტის „საქმთავარენერგოს“ უფროსის პირველი მოადგილე – მთავარი ინჟინერი, 1990–1996 წწ საქართველოს ენერგეტიკისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის დირექტორი. 1992–1993 წწ. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკის მინისტრი. 1994–1995 წწ. საქართველოს სახელმწიფოს მეთაურთან არსებული სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის საკოორდინაციო სამსახურის უფროსი, მთავარი სახელმწიფო კოორდინატორი, საქართველოს სახელმწიფოს მეთაურის პირადი წარმომადგენელი. 1996–1997 წწ. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკის მინისტრის პირველი მოადგილე. 1999–2004 წწ. საქართველოს პარლამენტის მე-5 მოწვევის, 2016–2020 წწ. მე-9 მოწვევის წევრი.

ბატონი რევაზი 1989–1990 წწ. იყო „თბილსრესის“ 300 მეგავატი სიმძლავრის №9 და №10 ენერგობლოკების სახელმწიფო მიმღები კომისიის თავმჯდომარე. 1995–1996 წწ. ხელმძღვანელობდა 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზის – „კავკასიონის“ აღდგენით სამუშაოებს. 1997 წელს იყო ენგურჰესის ავარიულ-აღდგენითი სამუშაოების სახელმწიფო კომისიის თავმჯდომარე.

1992–1995 წწ. ხელმძღვანელობდა საქართველოს ეკონომიკის სამინისტროს სამეცნიერო საბჭოს ენერგეტიკის განყოფილებას. 1996–1997 წწ. იყო საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკის სამინისტროს სამეცნიერო-საკონსულტაციო საბჭოს თავმჯდომარე. მისი ხელმძღვანელობით და აქტიუ-

რი მონაწილეობით დამუშავდა „საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკის“ პროექტი, საქართველოს კანონი „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ და არაერთი სხვა კანონპროექტი, რომელთა მიღებამ მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა საქართველოს ენერგეტიკის განვითარებაში.

პროფესორი რევაზ არველაძე 1990–2008 წწ. იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის სახელმწიფო საგამოცდო კომისიის თავმჯდომარე. 2006–2009 წწ. ხელმძღვანელობდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების ფაკულტეტის პროფესორ-მასწავლებელთა შესარჩევ კონკურსს.

რევაზ არველაძე 1994 წლიდან არის საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის პრეზიდენტი; ასევე არის მეცნიერების, განათლების, მრეწველობისა და ხელოვნების საერთაშორისო აკადემიის ნამდვილი წევრი; საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი; საერთაშორისო ენერგეტიკის აკადემიის ნამდვილი წევრი; ენერგეტიკის ეკონომისტთა საერთაშორისო ასოციაციის წევრი; გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ევროპის ეკონომიკური საბჭოს ექსპერტი. 1997 წელს მისი ინიციატივით დაფუძნდა სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერგია“ და დღემდე მისი სარედაქციო კოლეგიის წევრია. არის 100-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის ავტორი. მონაწილეობდა მრავალ საერთაშორისო კონფერენციასა და სიმპოზიუმში.

ბატონ რევაზს გულითადად ვულოცავთ საიუბილეო თარიღს, ვუსურვებთ ჯანმრთელობას, ხანგრძლივ სიცოცხლეს და შემდგომ შემოქმედებით წარმატებებს სამეცნიერო-პედაგოგიურ მოღვაწეობაში, ჩვენი ქვეყნის და ტექნიკური უნივერსიტეტის საკეთილდღეოდ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტი
სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერგია“
საქართველოს ენერგეტიკის აკადემია

შინაარსი

ბიოქიმია, გენეტიკა და მოლეკულური ბიოლოგია

თამაზ ისაკაძე, ვიტალი ღვაჩლიანი, გივი გუგულაშვილი. კავკასიური როდოდენდრონის დამქუცმაცებელ-საფიქსაციო მანქანა	13
თამაზ ისაკაძე, სოფიო ბურჯუკური-სოლოდაშვილი, გივი გუგულაშვილი. ახალი მოწყობილობა კავკასიური როდოდენდრონის გადამუშავებისთვის.....	21

ბიზნესი, მენეჯმენტი და ბუღალტრული აღრიცხვა

ანზორ აბრალავა, ზურაბ ჯორბენაძე. ელექტრონული კომერციის საგადასახადო დაბეგვრის პარადიგმები საქართველოში.....	28
---	----

კომპიუტერული მეცნიერება

რუსუდან ქუთათელაძე, ანა კობიაშვილი, ნოდარ დარჩიაშვილი. Covid-19-თან დაკავშირებული შეტყობინებების ანალიზი და ვიზუალიზაცია 112-ში.....	37
--	----

მეცნიერება გადაწყვეტილების მიღების შესახებ

ჯემალ გრიგალაშვილი, ზაურ ჯოჯუა, ნინო ჯოჯუა. ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების უსაფრთხოება, SCADA – შეტყვის ობიექტი.....	46
---	----

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

აკაკი მაღლაკელიძე. ნაბელღავის მინერალური წყლების საბადოზე ჰიდროგეოლოგიური ხასიათის სამუშაოების მიმოხილვა და საბადოს ბუნებრივი რესურსების უზრუნველყოფა ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე.....	62
აკაკი მაღლაკელიძე. ნაბელღავის მიწისქვეშა მინერალური წყლების ჰიდროქიმიური დახასიათება.....	71

საინჟინრო საქმე

ლევან მაისურაძე. მათემატიკური მოდელები ასიმეტრიული ომისთვის 80

იოსებ ავსაჯანიშვილი. თანამედროვე ტექნოლოგიების გავლენა საბრძოლო მოქმედებებსა და სამხედრო გადაწყვეტილების მიღებაზე 92

მასალათმცოდნეობა

დავით ზუცხრიკიძე. ზესალი, მყიფე, კომპოზიციური-კერამიკული მასალების ღუნვის სიმტკიცეზე გამოსაცდელი ნიმუშების აღმასური ხეხვის ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური აღჭურვილობა 105

დავით ზუცხრიკიძე. ტექნიკური კერამიკის ფილების ბრტყელი ზედაპირებისა და პერიმეტრის აღმასური ხეხვის სპეციალური ჩარხი 114

ავტორთა საძიებელი 124

რეცენზენტთა საძიებელი 125

ავტორთა საყურადღებოდ 126

CONTENTS

Biochemistry, Genetics and Molecular Biology

Tamaz Isakadze, Vitali Gvachliani, Givi Gugulashvili Caucasian Rhododendron Grinding-Fixing Machine.....	13
Tamaz Isakadze, Sophio Buchukuri-Sologashvili, Givi Gugulashvili. A New Device for Processing Caucasian Rhododendron.....	21

Business, management and accounting

Anzor Abralava, Zurab Jorbenadze. E-Commerce Taxation Paradigms in Georgia.....	28
--	----

Computer Science

Rusudan Kutateladze, Ana Kobiashvili, Nodar Darchiashvili. Analysis and Visualization of Covid-19 Related Notifications Received at 112.....	37
---	----

Decision Sciences

Jemal Grigalashvili, Zaur Jojua, Nino Jojua. Analysis of the Security of Modern Automated Technological Processes Control Systems: Attack on a SCADA Object.....	46
---	----

Earth and Planetary Sciences

Akaki Maglakelidze. An Overview of Hydrogeological Works at Nabeghlavi Mineral Water Deposit and Replenishment of the Natural Resources of the Deposit by Atmospheric Precipitation	62
Akaki Maglakelidze. Hydrochemical Characterization of Nabeghlavi Underground Mineral Waters.....	71

Engineering

Levan Maisuradze. Mathematical Models for Asymmetric Warfare.....	80
Ioseb Avsajanishvili. Impact of Modern Technologies on Combat and Military Decisions	92

Materials Science

Davit Butskhrikidze. Diamond Grinding Technology of Flexural Strength Test Pieces of Super hard, Brittle, Composite-ceramic Materials and Technological Equipment 105

Davit Butskhrikidze. Special Device for Diamond Grinding of the Backup Surfaces and Perimeter of Articles from Non-metallic Ceramic Materials 114

Author's Index 124

Reviewer's Index 125

Guidelines for Authors 132

СОДЕРЖАНИЕ

Биохимия, Генетика и Молекулярная биология

Тамаз Исакадзе, Витали Гвачлиани, Гиви Гугулашвили. Машина для измельчения-фиксации рододендрона Кавказского..... 13

Тамаз Исакадзе, Витали Гвачлиани Сопио Бучукури-Сологашвили, Гиви Гугулашвили. Новое устройство для переработки рододендрона кавказского..... 21

Бизнес, менеджмент и бухгалтерский учет

Анзор Абралава, Зураб Джорбенадзе. Парадигмы налогообложения электронной коммерции в Грузии 28

Компьютерные науки

Русудан Кутателадзе, Анна Кобиашвили, Нодар Дарчиашвили. Анализ и визуализация уведомлений, связанных с Covid-19, поступающих в 112 37

Наука о принятии решений

Джемал Григалишвили, Заур Джоджуа, Нино Джоджуа. Анализ безопасности современных автоматизированных систем управления технологическими процессами: атака на объект SCADA 46

Науки изучающие Землю и планетология

Акаки Маглакелидзе. Обзорные гидрогеологических работ на Набеглавском месторождение минеральных вод и обеспеченность естественных ресурсов месторождения за счет атмосферных осадков 62

Акаки Маглакелидзе. Гидрохимическая характеристика подземных минеральных вод Набеглави..... 71

Инженерное дело

Леван Маисурадзе. Математические модели асимметричной войны 80

Иосеб Авсаджанишвили. Влияние современных технологий на боевые и военные решения 92

Материаловедение

Давид Будзрикидзе. Технология алмазной обработки тестовых образцов из сверхтвердых, хрупких, композиционно-керамических материалов для определения прочности на изгиб и технологическая оснастка	105
Давид Будзрикидзе. Специальный станок для алмазного шлифования опорных поверхностей и периметра плит из технической керамики.....	114
Указатель авторов	124
Указатель рецензентов	125
К сведению авторов	135

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-13-20>

კავკასიური როდოდენდრონის დამქუცმაცებელ-საფიქსაციო მანქანა

- თამაზ ისაკაძე** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- ვიტალი ღვაჩლიანი** აგრარული ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, საქართველო, 0131, თბილისი, დ.ადამაშენბლის ხეივანი 240
E-mail: vitaligvachliani@gmail.com
- გივი გუგულაშვილი** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. ბერუაშვილი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: g.beruasvili@gtu.ge

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარი აგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. კავკასიისათვის დამახასიათებელი ენდემური მცენარის სახეობა – კავკასიური როდოდენდრონი (*Rhododendron caucasicum* Pall) უნიკალური ქიმიური შედგენილობის გამო ხასიათდება მრავალი სამკურნალო თვისებით, რის გამოც სახალხო მკურნალები მას უძველესი დროიდან იყენებენ სხვადასხვა სახის მძიმე და მსუბუქი დაავადების განსაკურნებლად. მცენიერების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე დგება საკითხი ამ ძალიან ძვირფასი

მცენარის სამრეწველო მიზნებით გამოყენების შესაძლებლობის შექმნის შესახებ.

საინტერესოა კავკასიური როდოდენდრონისაგან პარაგვაული „მატეს“ მსგავსი ჩაის წარმოების შესაძლებლობა. განხილულია ამ დანიშნულებით სხვადასხვა მცენიერის მიერ შემოთავაზებული როდოდენდრონის დამუშავების ტექნოლოგიები და ნაჩვენებია, რომ დღეისათვის ვერც ერთი მათგანით ვერ მიიღება მატეს ჩაის მსგავსი გემო და არომატი და, ამათანავე, მათი უმეტესობა ჩვეულებრივი ჩაის

ტექნოლოგიის მსგავსია. დასაბუთებულია, რომ „მატეს“ მსგავსი ჩაის მისაღებად აუცილებელია გადამუშავების საწყის ეტაპზე როდოდენდრონისგან მიღებული ნედლეულის ფიქსაცია, შემდეგ მისი დაჭრა-დაქუცმაცება შეფუთვისათვის მისაღები ზომების მისაცემად, შემდეგ ფოთოლში არსებული ზედმეტი ტენის მოცილება და, გარდა ამისა, ნედლეულისათვის „მატეს“ მსგავსი ოდნავ მომწარო გემოსა და ბოლის არომატის მიცემა. ასეთი ამოცანების გადასაჭრელად შემოთავაზებულია კავკასიური როდოდენდრონის გადამამუშავებელი ახალი, თანამედროვე მოწყობილობის პრინციპული სქემა.

საკვანძო სიტყვები: გადამამუშავების ტექნოლოგია; გადამამუშავებელი მოწყობილობა; „მატე“; ნედლეულის ფიქსაცია; როდოდენდრონის ჩაი.

შესავალი

მატე სამხრეთამერიკული ენდემური მცენარეა (*Ilex Paraguerinsis* St. Hill), რომელიც დღევანდელ პირობებში უკვე ვეღარ აკმაყოფილებს „მატეს“ ჩაიზე მთელს მსოფლიოში ძალიან გაზრდილ მოთხოვნილებას, რაც განაპირობებს მის დეფიციტს. ამიტომ „მატეს“ მწარმოებელი ფირმები და კომპანიები ცდილობენ მასში მატესთან თავისი ქიმიური შედგენილობით ახლოს მყოფი სხვადასხვა მცენარის დამატებას. ასეთი დანამატის სახით არგენტინაში ხშირად იყენებენ, მაგალითად, მცენარეს – *Ilex dumosa*, ამასთანავე, არგენტინელი მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ „მატეში“ ამ მცენარის (*Ilex dumosa*-ს) თუნდაც 30%-ის დამატების შემთხვევაში შემცირებულია

მიღებულ სასმელში მატენის შემცველობა, რაც ადამიანთა იმ ჯგუფისათვის, რომელზეც მატენი უარყოფითად მოქმედებს, ძალზე სასარგებლოა. ბრაზილიელი მწარმოებლები (ფირმები და კომპანიები) „მატეში“ დასამატებლად იყენებენ მცენარეებს *Ilex the ezans*-სა და *Ilex brevicuspis*-ს. მცენარეების ეს სახეობები იმავე გეოგრაფიულ არეალში იზრდება, სადაც პარაგვაის მატე, თუმცა ქიმიური შედგენილობით და ადამიანზე დადებითი ზემოქმედების ეფექტით გარკვეული განსხვავება არსებობს [1].

აღნიშნული მცენარეების (*Ilex dumosa*, *Ilex the ezans* და *Ilex brevicuspis*) მსგავსად კავკასიური როდოდენდრონიც საკმაოდ მიახლოებულია მატესთან თავისი ქიმიური შედგენილობით და ადამიანის ჯანმრთელობაზე დადებით ეფექტს ახდენს, რის გამოც დაისვა საკითხი კავკასიური როდოდენდრონისგან „მატეს“ მსგავსი ჩაის მიღების შესაძლებლობის შესახებ. აღნიშნული მიმართულებით დამუშავებულია როდოდენდრონის გადამამუშავების სხვადასხვა ტიპის ტექნოლოგია. მიუხედავად ამისა, „მატეს“ ტიპის ჩაის მიღების საკითხი ჯერჯერობით საბოლოოდ მაინც არაა გადაწყვეტილი, მაგრამ შემოთავაზებული ტექნოლოგიების [2, 3] მიმოხილვა უჩვენებს, რომ ვერცერთი მათგანი ვერ უზრუნველყოფს როდოდენდრონის ჩაისათვის „მატეს“ მსგავსი ბოლის არომატისა და ოდნავ მომწარო გემოს მიცემას და, რაც უმნიშვნელოვანესია, მათი უმეტესობა ემსგავსება ჩაის გადამამუშავების ტექნოლოგიასა და გადამამუშავებელ მოწყობილობებს. მაგრამ ამავე დროს ცნობილია [4], რომ ჩაისა და მატეს გადამამუშავების ტექნოლოგიებს შორის განსხვავება ძირითადად სწორედ ისაა, რომ ჩვეულებრივი ჩაის წარ-

მოების (მიღების) შემთხვევაში ხდება ნედლეულის (ჩაის ფოთლის) ფერმენტაცია, „მატეს“ შემთხვევაში კი ფერმენტაციის საპირისპირო პროცესი – ფიქსაცია.

ძირითადი ნაწილი

„მატეს“ კლასიკური ტექნოლოგიის შესაბამისად პროდუქციის მიღების მიზნით იკრიფება მცენარის ფოთლები და წვრილი (4 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის) ღეროები, შემდეგ ხდება მოკრეფილი ნედლეულის ფიქსაცია ღია ცეცხლზე, შემდეგ – შრობა 80°C ტემპერატურაზე 5-7 % საბოლოო ტენიანობამდე, შემდეგ დაქუცმაცება 4-6 მმ ზომის ნაწილებად და შენახვა ბნელ და მშრალ ადგილას [5]. ამის მსგავსია კავკასიური როდოდენდრონის დამზადების ტექნოლოგიაც [6]. ამ შემთხვევაშიც იკრიფება ფოთლები და ყვავილები, აშრობენ ჩრდილში ბუნებრივ პირობებში ჰაერზე ან ხელოვნურად 50-60°C ტემპერატურაზე გამთბარი ჰაერით 5-7 % საბოლოო ტენიანობამდე, აქუცმაცებენ იმავე 4-6 მმ ზომის ნაწილაკებად და ინახავენ ბნელსა და მშრალ ადგილას.

მცენარეული ნედლეულის გადამუშავებისათვის გამოყენებული არსებული ცნობილი ტექნოლოგიების, აგრეთვე მატესა და როდოდენდრონის გადამუშავების ცნობილი კლასიკური ტექნოლოგიების განალიზების საფუძველზე ჩვენ დავამუშავეთ ორივე აღნიშნული მცენარის (მატესა და როდოდენდრონის) გადამუშავებისათვის მისაღები საერთო ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს ფოთლების კრეფას, მოკრეფილი ფოთლების დაჭრა-დაქუცმაცებას 4-6 მმ ზომის ნაწილებად, რომელიც მიმდინარეობს 5-10 % კონცენტრაციის მქონე მურყნის ან ღვის მერქნის ჩიპების ბოლით დამუშავების პირობებში

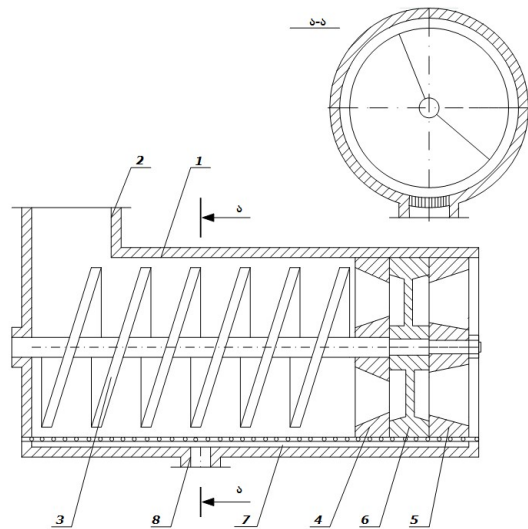
მისი ფიქსაციის პარალელურად, შემდეგ დაქუცმაცებული და ფიქსირებული ფოთლების შრობას საბოლოო მისაღებ 5-7 % ტენიანობამდე და უკვე მიღებული მზა პროდუქციის შეფუთვას. ამ მეთოდის უპირატესობა სხვა ცნობილ მეთოდებთან შედარებით არის ფოთლების ფიქსაცია გადამუშავების საწყისსავე ეტაპზე ანუ მისი დაჭრა-დაქუცმაცების პროცესში. ამასთანავე, ფიქსაციისათვის გამოიყენება ისეთი მერქნის ბოლი, რომელიც დაქუცმაცებული ფოთლის მიღებულ მასას აძლევს სასიამოვნო, ოდნავ მომწარო გემოსა და ბოლის ძალიან მცირე არომატს, რითაც კავკასიური როდოდენდრონისგან მიღებული პროდუქტი დაემსგავსება პარაგვაის მატესგან მიღებულ საბოლოო პროდუქტს.

მცენარეული ნედლეულის გადამუშავებისას ერთდროულად დაჭრა-დაქუცმაცების, ფიქსაციისა და ბოლის არომატის მიცემის მიზნით დამუშავებულია მოწყობილობა, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია სურათზე.

მანქანის ჰორიზონტალურად განლაგებული ცილინდრული ფორმის კორპუსის (1) მიმღებ ნაწილში განლაგებულია მისი მკვებავი ბუნკერი (2). ცილინდრულ კორპუსში მოთავსებულია მკვებავი შნეკი (3). ამ კორპუსს შიგა ზედაპირზე აქვს რიფები შნეკთან ერთად ფოთლის ტრიალის შესაძლებლობის გამოსარიცხად. შნეკის ბოლოში განლაგებულია ნედლეულის მჭრელი მექანიზმი, რომელიც შედგება შიგა (4) და გარე (5) ბადეებისაგან და მათ შორის მდებარე დანისაგან (6). ბადეები დისკოს ფორმისაა. შიგა ბადეს აქვს სპირალის ფორმის არხები, გარე ბადეს კი არხების ნაცვლად აქვს მრგვალი ნახვრეტები. ეს ნახვრეტები რადიალური მიმართულებით

თაა წაგრძელებული. ბადებს შორის განლაგებული დანის მჭრელი პირები სხვადასხვა სიგანისაა, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ გარკვეული კუთხითაა განლაგებული. დანის მჭრელი პირები და ბადეები ერთმანეთთან მჭიდროდაა მიჭერილი, რისთვისაც გარე ბადე და დანა დამონტაჟებულია ღერძული

მიმართულებით გადაადგილების შესაძლებლობით. ფოთლის მჭრელი მოწყობილობა აგრეთვე აღჭურვილია ინდივიდუალური ამძრავით, რომლის მეშვეობითაც მიმწოდი შნეკი და მჭრელი დანა ერთმანეთისაგან სრულიად დამოუკიდებლად მოძრაობენ მათთვის საჭირო ოპტიმალური სიჩქარეებით.



კავასიური როდოდენდრონის დამჭემაგებელ-საფიქსაციო მანქანა

მანქანას დამატებით აქვს აირის მიმწოდებელი (7), რომელიც ახდენს დაჭრის პროცესში მყოფი მცენარეული ნედლეულის ბოლით დამუშავებას. აირის მიმწოდებელი დაყენებულია კორპუსის ძირში შნეკის ლილვის პარალელურად, მის მთელ სიგრძეზე გარე ბადის ჩათვლით. აირის მიმწოდებელი მასზე დაყენებული მილყელის (8) მეშვეობით უკავშირდება ბოლის მიმწოდებელ სისტემას, რომელიც კორპუსის გარეთაა მოთავსებული. იგივე აირის მიმწოდებელი კორპუსის შიგა ზედაპირზე გაკეთებული პერფორაციითაა დაკავშირებული ამავე კორპუსის შიგა არესთან.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს:

ამძრავის ჩართვა უზრუნველყოფს მიმწოდი შნეკისა და მჭრელი დანის ერთმანეთისაგან სრულიად დამოუკიდებლად და მათთვის ოპტიმალური სიჩქარეებით ბრუნვით მოძრაობაში მოყვანას. მიმღებ ბუნკერში მიწოდებული მცენარეული ნედლეულის (როდოდენდრონის) მასა აღმოჩნდება ფოთლის მჭრელი მოწყობილობის მქონე კორპუსში, სადაც ამ მჭრელი მოწყობილობის ზემოქმედებით დაიჭრება სასურველი ზომების (4-6 მმ) მიღებამდე. ამისათვის ფოთლის მასას მიმწოდი შნეკი გადაიტანს მჭრელი მექანიზმისაკენ. შიგა ბადის სპირალური ღარების გავლისას ფოთოლი სპირალურად გადაადგილდება დანის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით.

დანისა და ფოთლის მასის ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობა უზრუნველყოფს ამ მასის ეფექტურად დაჭრას, რაც წინასწარ დაჭრაა. აღნიშნული მასა მიმწოდის შნეკით შექმნილი დაწნევის ხარჯზე და მზრუნავი დანის მჭრელი პირების სიგანეთა სხვაობით გამოწვეული გამოგდები ძალის ზეგავლენით მიეწოდება დამჭრელ დანასა და გარე ბადეს შორის შექმნილ მეორე სივრცეში, სადაც ხდება განმეორებითი ჭრა იმავე დანის მეორე მჭრელი პირის ზემოქმედებით. დაჭრილ-დაქუცმაცებული მცენარეული მასა გარეთა ბადეში არსებული ნახვრეტების გავლით გამოიწნეხება მჭრელი მოწყობილობიდან და ჩამოიყრება კორპუსის ქვემოთ განლაგებულ გამომტან ტრანსპორტიორზე (პირობით ნაჩვენები არაა).

მანქანაში გადასამუშავებელი ფოთლის მასის მიწოდებასთან ერთად აირის მიმწოდებელს მიეწოდება მუშა აგენტი (ცხელი ბოლი) მილყელის გავლით. ეს ბოლი აირის მიმწოდებლის ნახვრეტებიდან წნევით შედის დამუშავების პროცესში მყოფი ნედლეულის მასაში და გამსჭვალავს მას. ცხელი ბოლის მიწოდება უშუალოდ მცენარის ფოთლის დაჭრა-დაქუცმაცების პროცესში განაპირობებს ამ მცენარეულ ნედლეულზე თბური და მექანიკური პროცესების ერთდროულად ზემოქმედებას, რაც უზრუნველყოფს ფოთოლში არსებულ ფერმენტებზე ორთქლის ზემოქმედების ინტენსიფიკაციას. ფოთლის დაჭრა-დაქუცმაცების შედეგად ყოველთვის ხდება მასში არსებული ფერმენტების გააქტიურება. ამ ფერმენტების ჰაერთან შეხების შემთხვევაში ჰაერში არსებული ჟანგბადის გავლენით დაიწყება გააქტიურებული ფერმენტების დაჩქარებული ჟანგ-

ვითი პროცესები. მაგრამ გააქტიურებამდე აღნიშნულ ფერმენტებს კონტაქტი აქვთ მაღალი ტემპერატურის (110-120°C) გაცხელებულ მერქნის ბოლთან. ეს მინიმუმამდე ამცირებს ფოთოლში ჟანგვითი პროცესების დაწყებისა და მიმდინარეობის შესაძლებლობას. ამის შედეგად ფერმენტები დროულად და სრულად ინაქტივირდება ანუ ხდება როდოდენდრონის ფოთლის ფიქსაცია მისი დამუშავების საწყისსავე ეტაპზე. გარდა ამისა, მერქნის ცხელი ბოლი ახდენს ფოთლის ჭრის ზედაპირებიდან გამოსული წვენი აორთქლებასა და ტრანსპორტირებას (გამოტანას) მასის გადამამუშავებელი მოწყობილობის გარეთ. ნამუშევარი ბოლი მის მიერ შთანთქმულ სითხესთან ერთად მოწყობილობის მჭრელი ნაწილის გავლით გამოდის მანქანის კორპუსიდან. ამავე დროს, და რაც ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანია, მერქნის ცხელი ბოლი უშუალო კონტაქტის შედეგად დამუშავებული მცენარის ფოთოლს აძლევს დამახასიათებელ ბოლის არომატს და აცხელებს ფოთლის მთელ მასას. საბოლოოდ მანქანის კორპუსიდან გამოიტვირთება საჭირო ზომებად (4-6 მმ) დაქუცმაცებული, ფიქსირებული, გაცხელებული და ბოლის არომატით გამდიდრებული როდოდენდრონის ფოთლის მასა, რომელსაც უკვე მოცილებული აქვს ტენის გარკვეული რაოდენობა.

დასკვნა

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ როდოდენდრონის დამქუცმაცებელ-საფიქსაციო მანქანის წარმოდგენილი ინოვაციური კონსტრუქცია ერთდროულად უზრუნველყოფს რამდენიმე მნიშვნელოვან ამოცანის განხორციელებას. პირველ რიგში აღსანიშნავია

როდოდენდრონისათვის პარაგვაის მატეს მსგავსი ოდნავ მომწარო გემოსა და ბოლის არომატის მინიჭება, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მატეს როდოდენდრონით ჩანაცვლებისათვის. ამასთანავე, უზრუნველყოფილია ნედლეულის ფოთლის ფიქსაცია გადამუშავების საწყისსავე ეტაპზე, რაც ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია როდოდენდრონის ფოთლებში შემავალი ყველა სასარგებლო ელემენტის მაქსიმალურად შენარჩუნების თვალსაზრისით. როდოდენდრონის ფოთლებისგან (ისევე როგორც მატედან) ჭარბი ტენის მოცილება ასევე მნიშვნელოვანი საკითხია, მით უმეტეს თუ გავითვალისწინებთ ფოთლის

მასის შემდგომი შრობის აუცილებლობას, რადგან წინასწარი შეშრობა აადვილებს და ეფექტურს ხდის შემდგომი შრობის პროცესს. შრობის პროცესის ეფექტურობის გაზრდას ხელს უწყობს აგრეთვე ფოთლის დაქუცმაცების პროცესში მისი წინასწარ გაცხელება ბოლის საშუალებით. წარმოდგენილი კონსტრუქციის გადამამუშავებელ მოწყობილობას შეუძლია ნედლეულის დაჭრა-დაქუცმაცება არა მარტო 4-6 მმ-ის, არამედ ნებისმიერი სხვა ზომის ნაწილაკებად, რაც ასევე როდოდენდრონის გადამუშავების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

ლიტერატურა

1. Shikhanov, A., Colina, A. (2015). Yerba Mate: Mate. Mate. Mati. 9000 years of Paraguay tea. *Created in the intellectual publishing system Ridero*. 88 pp;
2. Melkadze, R. (2002). Tea Substitute Production Method. Patent of Georgia (No. GE 887 U, cl. A 23 F 3/34). *Utility Model Bulletin*, 3. (in Georgian).
3. Melkadze, R., Megreliдзе, T. (2016). Mate type tea making technology. *Proceedings of the International Scientific Conference "Problems of Improving the Quality of Food Products" dedicated to the 70th anniversary of the Department of Food Industry Enterprises*, Tbilisi. p. 56-59;
4. *Section: Biology, biophysics, biochemistry*. (n.d.). bio.wikireading.ru. <https://bio.wikireading.ru>;
5. Melkadze, R., Kereselidze, O. (2010). Characteristics of Caucasian rhododendron leaves (Rhododendron Caucasicum Pall) for receiving a perspective raw material - ~Mate~ type tea. *Journal of Biology & Life Science (JBS)*, 1(1), 1-10 pp;
6. *Caucasian rhododendron: Useful, medicinal properties, harm and contraindications, use in traditional medicine*. (2017, October 24). Retrieved from Sadovodu.com: <https://sarovodu.com/2017/10/rododendron-kavkazskij-poleznye-svoystva-protivopokazaniya-i-varianty-primeneniya-v-narodnoj-medicine> (In Russian).

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-13-20>

Caucasian Rhododendron Grinding-Fixing Machine

- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Vitali Ghvachliani** Department of General Technology, Georgia, 0131, Tbilisi, 240 David Aghmashenebeli Alley
E-mail: vitaligvachliani@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

- G. Beruashvili**, Associate Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: g.beruashvili@gtu.ge
- S. Suladze**, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center
E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. An endemic plant species typical for the Caucasus is the Caucasian rhododendron (*Rhododendron caucasicum* Pall), which, due to its unique chemical composition, has many medicinal properties, therefore, folk healers have used it since ancient times to treat various severe and mild diseases. At the present stage of the development of science, the question arises about the possibility of using this most valuable plant for industrial purposes.

The question is raised of the production of mate tea from the Caucasian rhododendron. The rhododendron processing technologies proposed so far are reviewed and it is shown that none of them can provide aromatic and taste indicators characteristic of tea mate in the resulting product due to the fact that most of them are based on the processing technology of ordinary black tea. It is substantiated that in order to obtain mate tea, it is necessary at the initial stage of processing to fix the raw material from rhododendron, cut it and grind it to sizes acceptable for packaging, remove excess moisture contained in the sheet and give the final product a light smoke aroma and a slightly bitter taste. To solve these problems, a schematic diagram of a new machine for the simultaneous grinding and fixing of the Caucasian rhododendron is proposed.

Keywords: mate tea; processing equipment; processing technology; raw material fixation; rhododendron tea.

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-13-20>

Машина для измельчения-фиксации рододендрона Кавказского

- Тамаз Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Витали Гвачлиани** Департамент аграрных технологий, Аграрный университет Грузии, Грузия, 0159, Тбилиси, пр. Давида Агмашенебели 240
E-mail: vitaligvachliani@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:

- Г. Берашвили**, ассоциированный профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ
E-mail: g.beruasvili@gtu.ge
- С. Суладзе**, директор центра сбора и рециклирования холодильников Грузии
E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Эндемичный вид растения, типичный для Кавказа – рододендрон кавказский (*Rhododendron caucasicum* Pall), который благодаря уникальному химическому составу обладает множеством целебных свойств, поэтому народные лекари использовали его с древних времен для лечения различных тяжелых и легких заболеваний. На современном этапе развития науки возникает вопрос о возможности использования этого ценнейшего растения в промышленных целях.

Поставлен вопрос производства чая типа мате из рододендрона Кавказского. Рассмотрены предложенные к настоящему времени технологии переработки рододендрона и показано, что ни одна из них не может обеспечить в получаемом продукте характерных для чая мате ароматических и вкусовых показателей ввиду того, что большинство из них основывается на технологию переработки обычного черного чая. Обосновано, что для получения чая типа мате является необходимым на начальном этапе переработки проведение фиксации сырья из рододендрона, ее резка-измельчение до получения приемлемых для упаковки размеров, удаление содержащейся в листе излишней влаги и придание конечному продукту легкого аромата дыма и чуть горьковатого вкуса. Для решения указанных задач предложена принципиальная схема новой машины для одновременного измельчения и фиксации рододендрона Кавказского.

Ключевые слова: перерабатывающее оборудование; технология переработки; фиксация сырья; чай из рододендрона; чай мате.

განხილვის თარიღი 23.09.2021

შემოსვლის თარიღი 29.04.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-21-27>

ახალი მოწყობილობა კავკასიური როდოდენდრონის გადამუშავებისთვის

- თამაზ ისაკაძე** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- სოფიო ბუჩუკური-სოლოლაშვილი** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: sophiobuchukuri@gmail.com
- გივი გუგულაშვილი** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. ბერუაშვილი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: g.beruasvili@gtu.ge

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარი აგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. ტექნოლოგიური პროცესები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია, შესაბამისად, ასევე განსხვავებულია მოწყობილობები, რომლებზეც ხორციელდება ეს ტექნოლოგიური პროცესები. როგორც წესი, საუკეთესო გადაწყვეტილებას წარმოადგენს თითოეული ტექნოლოგიური პროცესისათვის შესაბამისი მანქანის ან მოწყობილობის შერჩევა. ეს ხელს უწყობს მთელი პროცესის განხორციელებას თუნდაც ისეთ შემთხვევებში, როდესაც საწარმო

ბაზის რომელიმე მოწყობილობა მწყობრიდან გამოდის. ასეთი მანქანა შეიძლება შეიცვალოს სხვა მანქანით, ხელით შრომით ან აღნიშნული ოპერაცია საერთოდ გამოირიცხოს. ხოლო თუ ყველა ტექნოლოგიური ოპერაცია ხორციელდება ერთ მანქანაში, მაშინ მისი მწყობრიდან გამოსვლა გამოიწვევს მთელი ტექნოლოგიური პროცესის სრულ შეჩერებას.

სტატიაში განხილულია კავკასიური როდოდენდრონის გადამუშავების საკითხი და წარმოდგენილია ინოვაციური ტექნოლოგია, რომლის მიხედ-

ვითაც ხორციელდება ფოთლის შოკური გაყინვა, მისი დაჭრა-დაქუცმაცება, სუბლიმაციური შრობა და საბოლოო პროდუქტისათვის ბოლის მსუბუქი არომატის მიცემა. ნაჩვენებია, რომ მოცემული ტექნოლოგიური პროცესის თითოეული ოპერაციისთვის სხვადასხვა მოწყობილობის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნედლეულის მიკრობიოლოგიური დაბინძურება, სიცივის მნიშვნელოვანი დანაკარგები და მოწყობილობის კონსტრუქციის გაართულება. ამიტომ, ამ ტექნოლოგიური პროცესის ჩატარება უმჯობესია ერთ უნივერსალურ მოწყობილობაში. წარმოდგენილია როდოდენდრონის გადამამუშავებელი ახალი მოწყობილობის პრინციპული სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა ტექნოლოგიური ოპერაციის (შოკური გაყინვა, გაყინული ფოთლების დაჭრა-დაქუცმაცება, სუბლიმაციური შრობა და საბოლოო პროდუქტისათვის ბოლის არომატისა და მომწარო გემოს მიცემა) ჩატარებას გადამამუშავების პროცესში მყოფი ნედლეულის გარემომცველ ჰაერთან კონტაქტის გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: ბოლით დამუშავება; დაჭრა-დაქუცმაცება; კავკასიური როდოდენდრონის ფოთლები; სუბლიმაციური შრობა; შოკური გაყინვა.

შესავალი

არსებობს ისეთი ტექნოლოგიური პროცესები, რომელთა ჩატარება უმჯობესია არა რამდენიმე მანქანაზე, არამედ ერთზე. ასეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტა ამარტივებს ნედლეულის ერთი ოპერა-

ციდან მეორეზე გადატანის პროცესს, გამორიცხავს ნედლეულის ერთი ოპერაციიდან მეორეზე გადასვლისას გარემოს უარყოფით ზეგავლენას და, ამასთანავე, აუმჯობესებს შრომის ჰიგიენისა და უსაფრთხოების პირობებს.

ასეთ ტექნოლოგიურ პროცესებს მიეკუთვნება კავკასიური როდოდენდრონის გადამამუშავების ინოვაციური ტექნოლოგია. ტექნოლოგია მოიცავს როდოდენდრონის ფოთლის შოკურ გაყინვას, გაყინული ფოთლის დაჭრა-დაქუცმაცებას, სუბლიმაციურ შრობას და საბოლოო პროდუქტისათვის ბოლის მსუბუქი არომატისა და მომწარო გემოს მიცემას მურყნის ან ღვის ბოლით დამუშავების გზით. სხვადასხვა ოპერაციისათვის სხვადასხვა მოწყობილობის გამოყენების შემთხვევაში, არსებობს ნედლეულზე გარემოს ჰაერის ზემოქმედების საშიშროება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მისი მიკროორგანიზმებით დაბინძურება. გარდა ამისა, იქმნება სიცივის მნიშვნელოვანი დანაკარგის საშიშროება ჯერ გაყინული ფოთლის დაჭრა-დაქუცმაცების ოპერაციაზე გადასვლისას, შემდეგ კი დაქუცმაცებული ფოთლის ხელახლა გაყინვისას სუბლიმაციური შრობის ჩასატარებლად. როდესაც გამწარალი მასალა სუბლიმაციის აპარატიდან გადადის ბოლით დამამუშავებელ მოწყობილობაზე, კვლავ იქმნება საბოლოო პროდუქტის ხარისხის გაუარესების შესაძლებლობა, რადგან ძალზე ჰიგროსკოპიული ნედლეული გარემოდან ადვილად შეითვისებს ტენს და გარეშე სუნს. ასეთი ნეგატიური მოვლენები თითქმის სრულად არის გამორიცხული თუ მთელი ტექნოლოგიური პროცესი ხორციელდება ერთ მოწყობილობაზე.

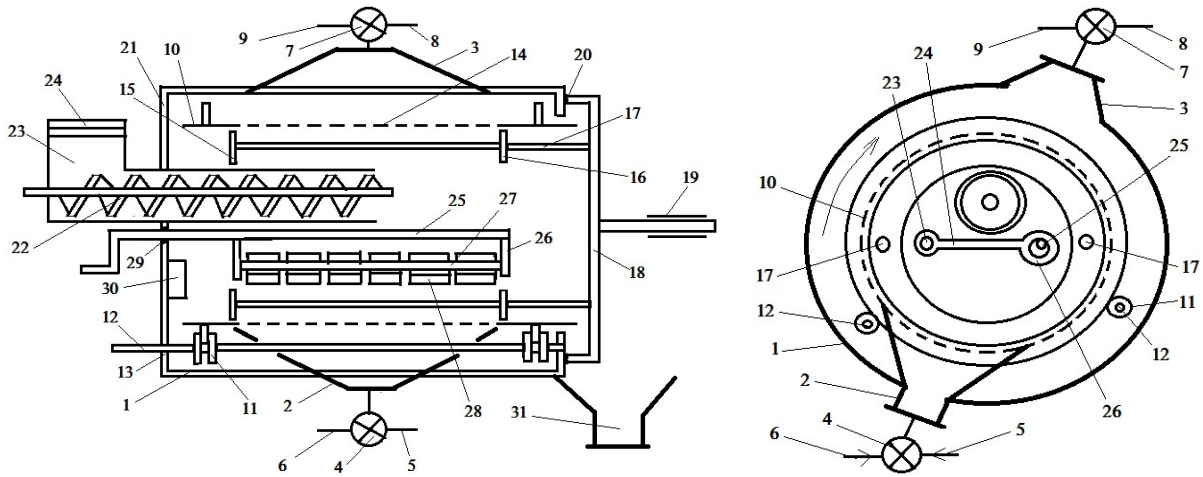
ძირითადი ნაწილი

კავკასიური როდოდენდრონის გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის განსახორციელებლად შეიქმნა ახალი მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს მთლიანი ტექნოლოგიური პროცესის ჩატარებას ნედლეულის გარემომცველ ჰაერთან კონტაქტისა და დამატებითი მანქანების გამოყენების გარეშე. ახალი მოწყობილობის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია სურათზე.

მოწყობილობა შეიცავს ჰერმეტიკულ ცილინდრულ კამერას (1), რომელიც განლაგებულია ჰორიზონტალურად. კამერას აქვს მილყელები (2) მუშა

აგენტის შესაყვანად და (3) ნამუშევარი აგენტის გამოსაყვანად. მილყელი (2) აღჭურვილია ორსვლიანი სარქვლით (4), რომელსაც ორი მილსადენი (5), (6) უკავშირდება. მილყელი (3), თავის მხრივ, აღჭურვილია ორსვლიანი სარქვლით (7), რომელსაც უკავშირდება ორი მილი (8), (9).

კამერის შიგნით განლაგებულია ღრუ ცილინდრული კორპუსი (10), რომელიც ეყრდნობა გორგოლაჭებს (11) ბრუნვის საშუალებით. გორგოლაჭები განლაგებულია კამერის შიგნით, ხოლო მათი ლილვები (12) გამამკვრივებელი სადებების (13) გავლით გამოყვანილია კამერის გარეთ.



კავკასიური როდოდენდრონის გადამამუშავებელი მოწყობილობის პრინციპული სქემა

ცილინდრული კორპუსი (10) მთელ ზედაპირზე, გარდა კიდებისა, პერფორირებულია (14). ცილინდრული კორპუსის (10) შიგნით, მისი შიგა ზედაპირიდან მინიმალური ღრეჩოთი, განლაგებულია ორი რგოლისებური კედელი (15), (16), რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ორი ღეროთი (17). აღნიშნული ღეროები (17) მიმაგრებულია კამერის ტორსულ კედელზე (18). მანძილი (15) და (16) კედ-

ლებს შორის შეესაბამება ცილინდრულ კორპუსზე (10) პერფორაციის (14) სიგანეს.

კამერის ტორსული კედელი (18) დამონტაჟებულია ამ კამერის ღერძის გასწვრივ, გადაადგილების შესაძლებლობით, მიმმართველების (19) დახმარებით. კედლის (18) დახურვისას კამერის (1) ჰერმეტიზაცია უზრუნველყოფილია გამამკვრივებელი მოწყობილობით (20).

კამერის მეორე ტორსული კედლის (21) გავლით ამ კამერის შიგნით ჰერმეტიკულად შეყვანილია მკვებავი შნეკი (22), რომლის წინა განმტვირთავი ნაწილი აღწევს ზუსტად ცილინდრული კორპუსის (10) პერფორირებული ზედაპირის (14) შუა ნაწილამდე. ამ შნეკის (22) კამერის გარეთ განლაგებული ბუნკერი (23) აღჭურვილია ჰერმეტიკული სახურავით (24). ამავე უძრავი ტორსული კედლის (21) გავლით კამერის შიგნით შეყვანილია ლილვი (25), რომელზეც ორი ლარტყის (26) დახმარებით დამაგრებულია დერძი (27). აღნიშნულ დერძზე (27), თავისუფალი ბრუნვის შესაძლებლობით, დასმულია დამქუცმაცებელი გორგოლაჭები (28). ლილვი (25) განლაგებულია, ბრუნვის შესაძლებლობით, გამამკვრივებელი მოწყობილობის (29) მეშვეობით. უძრავ კედელზე (21) კამერის შიგნით მხრიდან მიმაგრებულია კამერის შიგნით ტემპერატურული რეჟიმის მარეგულირებელი მოწყობილობა (30). ტორსული კედლის (18) ქვევიდან განლაგებულია დამუშავებული პროდუქტის შემგროვებელი ბუნკერი (31).

მოწყობილობა მუშაობს შემდეგნაირად:

ამძრავის ჩართვის შემდეგ ლილვები (12) იწყებს ბრუნვას. შესაბამისად, ბრუნვას იწყებს გორგოლაჭები (11) რაც უზრუნველყოფს ცილინდრული კორპუსის ბრუნვას (10). ამის შემდეგ ჩართვება მკვებავი შნეკი (22), იხსნება სახურავი (24) და ბუნკერში (23) მიეწოდება ნედლეული – როდოდენდრონის ფოთლები. აღნიშნულ ნედლეულს შნეკი შეიტანს კამერის შიგნით და ჩამოყრის ცილინდრული კორპუსის (10) პერფორირებული ზედაპირის (14) შუა ნაწილში, საიდანაც კორპუსის ბრუნვის გამო ფოთოლი თანაბრად გადანაწილდება მთელ ზედაპირზე კედლებს (15), (16) შორის.

მოწყობილობაში ნედლეულის ჩატვირთვის შემ-

დეგ, ბუნკერის ლუქი (24) ჰერმეტიკულად იკეტება, შნეკის ამძრავი გამოირთვება და მილგაყვანილობაში (5) მიეწოდება გაყინვისათვის განკუთვნილი მუშა აგენტი (ჰაერი ტემპერატურით -30°C – -35°C). აღნიშნული მუშა აგენტი სარქველის (4) საშუალებით შედის მილყელში (2), საიდანაც იგი გადის კორპუსის (10) პერფორაციაში და ამუშავებს კორპუსის ბრუნვის გამო მუდმივი არევის პირობებში მყოფ როდოდენდრონის ფოთლებს. ნამუშევარი აგენტი მილყელის (3), ვენტილის (7) და მილგაყვანილობის (8) გავლით გამოდის მოწყობილობიდან, ხოლო ნედლეული იყინება ძალიან მოკლე დროში.

გაყინვის დასრულების შემდეგ იწყება გაყინული ნედლეულის დაფქვა. ამისათვის ლილვს (25) მოაბრუნებენ ისეთი კუთხით, რომ გორგოლაჭები (28) ეხებოდეს გაყინულ ნედლეულს. ცილინდრული კორპუსის (10) ბრუნვის გამო, გორგოლაჭები (28) გორავს გაყინულ ფოთლებზე და თავისი წონით ახდენენ მათ დაქუცმაცებას. დაქუცმაცების დასრულების შემდეგ ლილვი (25) მობრუნდება საწინააღმდეგო მიმართულებით და გამოიყვანს გორგოლაჭებს (28) დაქუცმაცებულ ნედლეულთან კონტაქტისგან.

შემდეგ იწყება გაყინული ნედლეულის სუბლიმაციური შრობის ოპერაცია. ამისათვის ვენტილი (4) მთლიანად იკეტება, ხოლო ვენტილი (7) გადაირთვება მეორე მდგომარეობაში, როდესაც მილყელი (3) მილგაყვანილობის (9) საშუალებით მიუერთდება ვაკუუმ-ტუმბოს (სურათზე პირობით ნაჩვენებია არაა). ვაკუუმ-ტუმბო იწყებს ჯერ კამერის შიგნით არსებული ჰაერის ამოტუმბვას, ხოლო შემდეგ – ნედლეულისგან (განუწყვეტელი ბრუნვის შედეგად არეული გაყინული ფოთლის მასისგან) აორთქლებული ტენისას. სუბლიმაციური შრობისათვის საჭირო ტემპერატურულ რეჟიმს უზრუნველყოფს მა-

რეგულირებელი მოწყობილობა (30). სუბლიმაციური შრობის პროცესში კორპუსის (10) განუწყვეტელი ბრუნვა აუმჯობესებს პროცესის მიმდინარეობას და ხელს უწყობს მის ინტენსიფიკაციას.

შრობის პროცესის დასრულების შემდეგ ვაკუუმ-ტუმბო გადადის მცირე მწარმოებლობაზე (მცირე ვაკუუმზე), ვენტილი (4) გადაირთვება მილგავანილობაზე (6) და კამერაში (1) მიეწოდება მურყნის ან ღვიის მერქნისგან მიღებული ბოლი. ეს უზრუნველყოფს ნედლეულის ბოლით დამუშავებას, რის შედეგადაც მზა პროდუქტი დებულობს ბოლის არომატს და ოდნავ მწარე გემოს.

მზა პროდუქტის გამოტვირთვისთვის სარქველი (4) იკეტება, სარქველი (7) გადაირთვება მილსადენზე (8) და კამერის (1) შიგნით დამყარდება ნორმალური ატმოსფერული წნევა. ამის შემდეგ კამერის (1) ტორსული კედელი (18) მიმმართველების (19) გასწვრივ გადაადგილდება. ამასთანავე, კედელთან (18) დეროებით (17) მიმაგრებული რგოლური კედელი (15) ასევე გადაადგილდება კამერის (და კორპუსის) ღერძის გასწვრივ და კორპუსის შიგა ზედაპირზე არსებულ მზა პროდუქტს ჩამოყრის ბუნკერში (31).

მოწყობილობიდან მზა პროდუქტის მთლიანად გამოტვირთვის შემდეგ კედლები (18), (15), (16) ბრუნდება საწყის მდებარეობაში და მოწყობილობა მზადაა ნედლეულის ახალი პარტიის მისაღებად.

დასკვნა

ამრიგად, ეს მოწყობილობა უზრუნველყოფს როდოდენდრონის ფოთლების შოკურ გაყინვას, მათ დამსხვრევა-დაქუცმაცებას, გაყინული ნედლეულის სუბლიმაციურ შრობას და გამშრალი პროდუქტის ბოლით ფოთლის დამუშავების ყველა ტექნოლოგიური ოპერაცია ხორციელდება ერთ მოწყობილობაში, გარემომცველ ჰაერთან კონტაქტისა და დამატებითი ტრანსპორტირების ან დატვირთვა-განტვირთვის ოპერაციების გამოყენების გარეშე. ეს აუმჯობესებს სანიტარიულ და ჰიგიენურ, ასევე მომსახურე პერსონალის სამუშაო პირობებს და, რაც მთავარია, საბოლოო პროდუქტის წარმოება ხორციელდება პრაქტიკულად სტერილურ პირობებში. შესაბამისად, საბოლოო პროდუქტის უმაღლესი ხარისხის მიღება ხდება შესაძლებელი.

ლიტერატურა

1. Melkadze, R., Megrelidze, T. (2016, November 26). Technology for making tea like Mate. *Proceedings of the international scientific conference: Problems of improving the quality of food products, Tbilisi*. (In Georgian);
2. Melkadze, R., Megrelidze, T. (2017). Alternative raw materials and technology for producing Mate tea. *Proceedings of the Georgian Technical University, 1 (503)*. (In Georgian);
3. Melkadze, R., Kereselidze, O. (2010). Characteristics of Caucasian rhododendron leaves (*Rhododendron Caucasicum* Pall) for receiving a perspective raw material - Mate type tea. *Journal of Biology & Life Science (JBLS), 1(1), 1-10 pp*;
4. Melkadze, R. (2010). *Alternative raw material for tea Mate*. International Forum - Euro-ECO-Hanover. 63-64 pp;
5. *Caucasian rhododendron: Useful, medicinal properties, harm and contraindications, use in traditional medicine*. (2017, October 24). Retrieved from Sadovodu.com: <https://sarovodu.com/2017/10/rododendron-kavkazskij-poleznye-svoystva-protivopokazaniya-i-varianty-primeneniya-v-narodnoj-medicine> (In Russian).

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-21-27>

A New Device for Processing Caucasian Rhododendron

- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Sophio Buchukuri-Sologashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: sphiobuchukuri@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

- G. Beruashvili**, Associate Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: g.beruashvili@gtu.ge
- S. Suladze**, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center
E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. Technological processes differ from each other. Accordingly, the devices on which these technological processes are implemented also differ. As a rule, the optimal solution is to select the right machine or device for each process. This facilitates the entire process even in the event of a breakdown of any device on the production line. Such a machine can be replaced by another machine, manual labor, or the operation can be completely excluded. And if all technological operations are carried out on one machine, then its failure will lead to a complete stop of the entire technological process.

The issue of processing the Caucasian rhododendron is considered and an innovative technology is presented, according to which its leaves are shock-frozen, crushed, freeze-dried and the product gets a light smoke aroma. It is shown that the use of different devices for each operation of this technological process can lead to microbiological clogging of raw materials, significant loss of cold and complicate the design of all equipment. Therefore, this process is best carried out in one universal device. A schematic diagram of a new device for processing rhododendron is presented, which ensures all technological operations (shock freezing, frozen leaf grinding, freeze-drying and giving the final product smoke aroma and bitter taste) without contact of the raw material with ambient air.

Keywords: Caucasian rhododendron leaves; freeze-drying; grinding; shock freezing; smoke treatment.

UDC 663.969

SCOPUS CODE 1303

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-21-27

Новое устройство для переработки рододендрона кавказского

Тамаз Исакадзе	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68 ^a E-mail: tamazisakadze@gmail.com
Софио Бучукури-Сологашвили	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68 ^a E-mail: sophiobuchukuri@gmail.com
Гиви Гугулашвили	Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68 ^a E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

Г. Берашвили, ассоциированный профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: g.beruasvili@gtu.ge

С. Суладзе, директор центра сбора и рециклирования холодильников Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Технологические процессы отличаются друг от друга. Соответственно, различаются и устройства, на которых реализуются эти технологические процессы. Как правило, оптимальным решением является подбор подходящего станка или устройства для каждого технологического процесса. Это облегчает весь процесс даже в случае выхода из строя какого-либо устройства на производственной линии. Такая машина может быть заменена другой машиной, ручным трудом или операция может быть вовсе исключена. А если все технологические операции проводить на одной машине, то ее выход из строя приведет к полной остановке всего технологического процесса.

В статье рассматривается вопрос переработки рододендрона Кавказского и представлена инновационная технология, согласно которой осуществляется шоковое замораживание листа, его измельчение, сублимационная сушка и придание конечному продукту легкого аромата дыма. Показано, что использование для каждой операции данного технологического процесса разных устройств, может привести к микробиологическому засорению сырья, значительным потерям холода и усложнению конструкции всего оборудования. Поэтому данный технологический процесс лучше проводить в одном универсальном устройстве. Представлена принципиальная схема нового устройства для переработки рододендрона, которая обеспечивает проведение всех технологических операций (шоковое замораживание, измельчение замороженного листа, сублимационную сушку и придание конечному продукту аромата дыма и горьковатого вкуса) без контакта сырья с окружающим воздухом.

Ключевые слова: измельчение; листья рододендрона кавказского; обработка дымом; сублимационная сушка; шоковое замораживание.

განხილვის თარიღი 23.09.2021

შემოსვლის თარიღი 29.04.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 336.02

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-28-36>

ელექტრონული კომერციის საგადასახადო დაბეგვრის პარადიგმები საქართველოში

- ანზორ აბრალავა** ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: a.abralava@gtu.ge
- ზურაბ ჯორბენაძე** ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: z.jorbenadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. ბაკაშვილი, აუდიტორული კომპანია „ნ.ბაკაშვილი და კომპანია“ გენ.დირექტორი, პროფესორი

E-mail: n.bakashvili@bakashviliandco.com

დ. ბიბიჩაძე, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: d.bibichadze@gtu.ge

ანოტაცია. ელექტრონული კომერციის საგადასახადო დაბეგვრის მოცემულობა ერთ-ერთი სერიოზული გამოწვევაა ცივილიზებული მსოფლიოსა და მათ შორის ჩვენი ქვეყნისათვის. ციფრულმა ინდუსტრიამ პოსტფაქტუმ პოზიციაში ჩააყენა ქვეყნის საგადასახადო სივრცე ანუ საფრთხე შეუქმნა ქვეყნის ფისკალურ სუვერენიტეტს და საგადასახადო სისტემის ეფექტიან ფუნქციონირებას. უკვე ილუზია აღარ არის, რომ ელექტრონული კომერცია ახალ ეპოქას ქმნის გადასახადებით დაბეგვრის სფეროში. „სახდრების არმქონე“ მოვლენა – ელექტრონული კომერცია თითქოს გამოწვევად ითხოვს მასზე მორგებულ საგადასახადო სისტემას. ამ მიზ-

ნით არსებული პრობლემის პირველადი ნიშნულის გააზრება როგორც ეკონომიკურ, ისე სოციალურ თუ პოლიტეკონომიკურ მოთხოვნას წარმოადგენს.

საკვანძო სიტყვები: გადასახადი; ელექტრონული კომერცია; ვირტუალური საქონელი (მომსახურება); საგადასახადო დაბეგვრა.

შესავალი

ელექტრონულმა კომერციამ სწრაფად შეცვალა ბიზნესის წარმართვის წესები. დღეს ონლაინოპერაციების რაოდენობა სწრაფად იზრდება, კომპანიები კი ნებისმიერ ბაზარზე და მსოფლიოს ნებისმიერ

რეგიონში ცდილობენ თავიანთ ბიზნესგეგმებში ელექტრონული კომერცია ჩართონ. ამ მოცემულობამ არათუ მსხვილ ფირმებს, არამედ მცირე საწარმოებსაც მისცა შესაძლებლობა, გაზარდონ კონკურენტუნარიანობა, ახლოს იყვნენ მომხმარებელთან. ამ რეალობამ გამოიწვია ხარჯების შემცირება, მასთან მოჰყვა მოგების ზრდა, მომხმარებლისთვის კი – ფასების შემცირება. ყოველივემ საბოლოო ჯამში საგადასახადო დაბეგრის პარადიგმების გააზრების საკმაოდ მაღალი ნიშა წარმოშვა.

ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე მსოფლიოს ეკონომიკურ სივრცეში სულ უფრო ხელშესახები და არსებითი გახდა ელექტრონული კომერცია. ის გასული საუკუნის 60-იანი წლების ბოლოს იწყებს ეკონომიკის ცალკე სექტორად ჩამოყალიბებას. ამ პროცესს წინ უძღოდა ამერიკული კომპანიების American Airlines-ისა და IBM-ის მიერ ავიარეისზე დასაჯდომი ადგილების ელექტრონულად დაჯავშნის სისტემის შემუშავება. ამ სახის ეკონომიკური მოვლენების განვითარებამ ძირფესვიანად შეცვალა წარმოდგენები ეკონომიკურ საკითხებზე.*

დღეს ელექტრონული კომერცია თანამედროვე ეკონომიკის არსებითი სფეროა და მსოფლიო ფინანსური ბაზრის სოლიდურ ნაწილსაც მოიცავს. ამ

რეალობის მაპროვოცირებელი ფაქტორი არის ის, რომ საერთაშორისო კომპანია Juniper Research-ის მონაცემებით პლანეტაზე მცხოვრები 8 მილიარდამდე ადამიანი 50 მილიარდი მოწყობილობით ინტერნეტში არის ჩართული.

დღეს ბიზნესში ელექტრონული კომერცია არაორდინარული სტრუქტურულ-ფორმალური სისტემით შედის. ის მოიცავს გლობალურ კატეგორიებს და მასში მიმდინარე პროცესებს: ონლაინ-გაყიდვებს, ინტერნეტბანკინგს, ბილეთებისა და სასტუმროების დაჯავშნას, ასევე, საგადასახდელო სისტემებში ტრანზაქციებს, ონლაინმარკეტინგს და რეკლამას. ამ მოცემულობით ელექტრონული კომერცია ელექტრონული ვაჭრობის კატეგორიას „უახლოვდება“, მაგრამ თუ ამ ყოველივეს დავუმატებთ სატელეკომუნიკაციო ქსელით წარმართული ბიზნესის გაძლიერების წესებს, მაშინ ყალიბდება ახალი თვისებრივი მოცემულობა და მას ელექტრონული კომერცია ეწოდება. ეს მოსაზრება თანხვედრაშია მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის (მსო) პოზიციასთან – სატელეკომუნიკაციო ქსელის მეშვეობით ელექტრონული კომერცია აერთიანებს საქონლის წარმოებას, რეკლამას, გაყიდვას და გავრცელებას.

ტექნიკური კუთხით ელექტრონული კომერციის წარმართვა რთული პროცესი არ არის. ელექტრონული კომერციის პროცესი სამ ტექნიკურ საწყისს – სერვერს, მონაცემთა ბაზას და მომხმარებლისთვის

* ელექტრონული კომერცია ელექტრონული ბიზნესის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. მასში ელექტრონული კომერციის გარდა გაერთიანებულია ინტერნეტის და სხვა სახის ნებისმიერი კომპიუტერული ქსელის მეშვეობით განხორციელებული საქმიანობის სხვა სახეები – პარტნიორული ურთიერთობების დამყარება, შვილობილ საწარმოებთან ურთიერთქმედება, ასევე შიგნაფორმო მენეჯმენტი და სხვ. ამდენად, ჩვენი აზრით, მართებული არ არის ელექტრონული კომერციის და ელექტრონული ვაჭრობის სინონიმებად განხილვა.

საქონლის (მომსახურების) მიწოდების სისტემას ითხოვს. ამათგან კრიტიკულად მნიშვნელოვანია პირველი მდგენელი – ხარისხიანი და სწრაფი სერვერი. რაც შეეხება მონაცემთა ბაზას, იგი სჭირდება მსხვილ ბიზნესსუბიექტს, ხოლო თუ მომხმარებლისთვის მატერიალური საქონლის მიწოდება ლოჯისტიკას ითხოვს, ელექტრონული საქონლის ან მომსახურების მიწოდება ლოჯისტიკას არ საჭიროებს.

ინფორმაციული ტექნოლოგიის განვითარებამ კაცობრიობას სრულიად ახალი მოცემულობის მქონე ეკონომიკური ძალები მოუვლინა, სამეწარმეო სივრცეში გაჩნდა თვისებრივად ახალი სივრცე – ელექტრონული სამეწარმეო სივრცე.

ელექტრონული სამეწარმეო სივრცე ელექტრონული საქმიანობის ისეთ სახეებში გაიშლება, როგორცაა ელექტრონული მაღაზია, ელექტრონული აუქციონი, კორპორატიული პორტალი, ელექტრონული სავაჭრო მოედანი. ამ რეალობამ კი საგადასახადო სივრცე არაორდინარულ პირობებში ჩააყენა; თუ დღემდე ტრადიციული ანუ არსებული გადასახადით დაბეგვრის პრინციპები ასე თუ ისე აკმაყოფილებდა მისდამი წაყენებულ მოთხოვნებს, ახლა დღის წესრიგში დადგა თვისებრივად ახალი რანგის პრობლემა – ელექტრონული კომერციის მიმართ გამოყენებული იყოს ამ დარგის სპეციფიკით „გაჯერებული“ გადასახადით დაბეგვრის პრინციპები, სხვა სახის ალტერნატივა უბრალოდ არ არსებობს.

წარმოქმნილი რეალობის მიმართულებით დროსა და სივრცეში ადეკვატური და შესატყვისი ნაბიჯის გადადგმა საგადასახადო ტექნიკის და ტექ-

ნოლოგიის არა მხოლოდ დახვეწას, სრულყოფას გულისხმობს, არამედ თვით პრობლემის სხვა რაკურსით წაკითხვას ითხოვს. დავიწყოთ იმით, რომ თავდაპირველად არსებითი და გადამწყვეტი მნიშვნელობის გახდა ელექტრონული კომერციის საგადასახადო იურისდიქციის განსაზღვრის პრინციპის საკითხი, ანალოგიურად მნიშვნელოვანი არის საგადასახადის გადამხდელისა და გადასახადით დაბეგვრის ობიექტის იდენტიფიკაციის პრინციპის, ორმაგი დაბეგვრის თავიდან აცილების პრინციპის, გლობალური საგადასახადო სივრცის პრინციპის სრულად დაცვის მოთხოვნები და მათი რეალიზაციის ნიშნულის გაცნობიერება.

ელექტრონული კომერციის დაბეგვრის საკითხის სირთულე დასაბეგრი ბაზის მრავალსახეობიდან იღებს სათავეს. ელექტრონული კომერციის „დამსახურებით“ ყველა საქონელი და მომსახურება ორი სახის კატეგორიად დაიყო. პირველ ჯგუფს წარმოადგენს ე.წ. „ვირტუალური“ (ელექტრონული ციფრული) საქონელი და მომსახურება; მათ არამატერიალურ სიკეთეს უწოდებენ და საკმაოდ სპეციფიკური „წარმომავლობით“ ხასიათდება; მეტიც, ამ სახის საქონელი და მომსახურება შესაძლოა ელექტრონულ ან ციფრულ ფორმატში იქნეს გადაყვანილი ანუ მათ შეიცვალოს „ყოფიერი სახე“ რაც შეეხება მყიდველისთვის გადაცემას, ეს ელექტრონული ფოსტის მეშვეობით, ე.წ. ფაილის გადაგზავნით ხდება. ასეთ საქონლად ითვლება პროგრამული უზრუნველყოფა, ნაბეჭდი, მუსიკალური და ვიდეო-პროდუქცია, ინფორმაციული ხასიათის მომსახურება, კერძოდ კი, საგანმანათლებლო, სამედიცინო, ინჟინერინგული, იურიდიული, საკონ-

სულტაციო, ბუღალტრული, მარკეტინგული და ა.შ. ორივე შემთხვევაში სახეზეა საქონლის (მომსახურების) გაციფრულება, რომელიც ელექტრონული კომერციის შემდგომი განვითარების ერთგვარ მაპროვაცირებელ ნიშას წარმოადგენს.*

ელექტრონული კომერციის მეორე ჯგუფის საქონელს შეადგენს ის საქონელი, რომლის ე.წ. გაციფრულება შეუძლებელია და მომხმარებელს ფიზიკური სახით წარედგინება. ეს არ ნიშნავს, რომ მოცემული კატეგორიის საქონელი ელექტრონული კომერციის პირობებში ვაჭრობის საგანი არ არის, პირიქით, სწორედ ამ სახისაა. საერთაშორისო ვაჭრობის ფორმატში ელექტრონული კომერციის საშუალებები შესაძლებლობას იძლევა სხვადასხვა ქვეყანაში მყიდველსა და გამყიდველს შორის კონტრაქტი იმგვარად დაიდოს, რომ მყიდველის ქვეყანაში გამყიდველის ყოფნა აუცილებელი არც კი იყოს. ამ დროს კი გაციფრულებას განიცდის არა უშუალოდ საქონელი, არამედ მიწოდების პირობების თაობაზე მყიდველსა და გამყიდველს შორის კომუნიკაცია.

ელექტრონული კომერციის დროს ელექტრონულ-ციფრულ ფორმატში შექმნილი ან ინტერნეტის მეშვეობით სატელეკომუნიკაციო მაგისტრალური ქსელით გადაცემის ფორმატში მყოფი გარდასახვის უნარის მქონე ვირტუალური დოვლათი მათთვის დამახასიათებელ უნიკალურ მახასიათებ-

ლებს იძენს. ამ მოცემულობას ემატება არაერთი „არაორდინარული“ დაშვება: ელექტრონულ-ციფრული საქონლისა და მომსახურების გარდასახვის უნიკალური შესაძლებლობიდან გამომდინარე, გარიგების შედეგად საქონლის გადაცემა გაშუალებულია ფულზე გაცვლით, მყიდველსა და გამყიდველს შორის ე.წ. მანძილის ფაქტორი ერთგვარად გამოირიცხება.

ელექტრონული კომერცია უშუალოდ თავისი არაორდინარული მოცემულობის გამო, შინაგანად ითხოვს დაბეგვრის სპეციალურ პრინციპებს. ეს, უპირველეს ყოვლისა, ეხება მოგების გადასახადს და დღგ-ს.**

საგადასახადო კანონმდებლობა აქსიომატურად აღიარებს, რომ შემოსავლის ან (სარგებლის) მოგების გადასახადით დაბეგვრის მიზნისათვის წინა პლანზე რეზიდენტობასა და შემოსავლის წყაროზე დაფუძნებული პრინციპები. ამასთანავე, აქ მოგების გადასახადის კუთხით არსებითი მომენტია ელექტრონული კომერციის ე.წ. სივრცობრივი განშლის მოცემულობა. მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ რეალობაში არსებობს ელექტრონული კომერცია ქვეყნის შიგნით ანუ ერთი ქვეყნის ფარგლებში და ელექტრონული კომერცია ორ ან მეტ ქვეყანას შორის ანუ საერთაშორისო კომერცია. ამ სახის ნიშნულების „დამსახურებით“ გადასახადით დაბეგვრის კუთხით, ჩვენი აზრით, საკმაოდ მნიშვნელო-

*სხვათა შორის კოვიდპანდემიამ მაპროვაცირებელი ხასიათის ბალანსირება შეიტანა მსოფლიო ვაჭრობაში; ამ რეალობაში საერთო გაციფრულება სრულად განშლადი გახდა და თვისებრივად ახალ სიმაღლეზე აიყვანა უშუალოდ ელექტრონული კომერცია კი.

**წარმოდგენილი სტატიის ფარგლებში ქვემოთ განვიხილავთ ელექტრონული კომერციის სივრცეში მხოლოდ მოგების გადასახადით დაბეგვრას.

ვანია ქვეყნის ფარგლებში მცირე საწარმოების პოზიცია. აქ შექმნილი სიტუაცია ე.წ. ბაზარზე ვაჭრობას ემსგავსება და ბაზარზე მოვაჭრეთა მსგავსად, ამ სახის სუბიექტები, მეტწილად გადასახადის გადახდისგან „თავის არიდების“ პოზიციაში ყოფნას ამჯობინებენ. ამ სახის მოცემულობაში გადასახადის აღმინისტრირება მეტ-ნაკლებად მიღწევადი ხდება; ამ მხრივ საინტერესოა ელექტრონული კომერცია ორ ან/და მეტ ქვეყანას შორის ანუ საერთაშორისო ელექტრონული კომერცია. აქ საგადასახადო კუთხით სერიოზულ პრობლემებს ვაწყდებით და სავსებით კანონზომიერია, რომ იგი „სპეციალურ“ საგადასახადო რეგულირებას ითხოვს. ამდენად, ეს მოცემულობა სერიოზული გამოწვევაა ცივილიზებული მსოფლიოსათვის და მათ შორისაა საქართველო.

ელექტრონული კომერციის მიმართ შექმნილი საგადასახადო მოცემულობა ითხოვს განისაზღვროს ქვეყანა, რომლის ბიუჯეტში გადახდილი იქნება მოგების გადასახადი. აქ კი დგება ორი საკმაოდ მნიშვნელოვანი საკითხი – ერთი, ორმაგი დაბეგრის თავიდან აცილება და მეორე, სახელმწიფო (ეროვნული) ბიუჯეტის შევსების აუცილებლობა.

არსებული წესის მიხედვით მოგების გადასახადი გადაიხდება სწორედ იმ ქვეყანაში, სადაც დარეგისტრირებულია კომპანია, მნიშვნელობა არა აქვს თუ საიდან მოდის დასაბეგრი შემოსავალი, აგრეთვე, კონკრეტულ ქვეყანაში იბეგრება უცხოური კომპანიის მოგება, თუ მას ამ ქვეყანაში მუდმივი წარმომადგენლობა აქვს. და თუ ასეთი წარმომადგენლობა არა აქვს, მაშინ კომპანიის შემოსავალი დაიბეგრება შემოსავლის წყაროსთან. ყოველივე ეს საკმაოდ მიღწევადია და ქვეყნები, მათ შორის საქართველოც, მეტ-

ნაკლებად წარმატებით აღწევენ. მაგრამ, როცა საქმე გვაქვს ელექტრონულ კომერციასთან, მაშინ კომპანიას მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში შეუძლია ისე წარმოართოს საქმიანობა, რომ არ შექმნას მუდმივი წარმომადგენლობა(!), ასევე არ დადგეს საგადასახადო აღრიცხვაზე და უბრალოდ ინტერნეტის მეშვეობით მომხმარებელს შესთავაზოს საქონელი და მომსახურება. მაშასადამე, რა გამოდის? დღეს კომპანიას ექმნება შესაძლებლობა პირდაპირ ივაჭროს სხვა ქვეყნებში ისე, რომ ამ ქვეყნებში არ გადაიხადოს მოგების გადასახადი. აქვე გვაქვს მეორე არანაკლებ მნიშვნელოვანი მომენტი – იმ ქვეყნებში, სადაც კომპანია დარეგისტრირებულია და საქმიანობას ელექტრონული კომერციის მეშვეობით ეწევა, სახელმწიფო მაკონტროლებელ ორგანოებს ხშირად არა აქვთ იმის შესაძლებლობა, რომ მათ გადასახადით დაბეგრას მიაღწიონ.

მოგების გადასახადის დარიცხვის პროცესის ერთგვარი „პრეამბულა“ გამოდის სერვერის განხილვა მუდმივი წარმომადგენლობის რანგში. აქ არსებითი მოცემულობაა სერვერის ფიზიკურად არსებობის ფაქტი. და თუ ეს მომენტი ამოვარდება, მაშინ საგადასახადო პასუხისმგებლობა უბრალოდ ქრება.

დღეს ელექტრონულმა კომერციამ ტექნიკური პროგრესის „დამსახურებით“ სერვერის ფიზიკურად არსებობის ფაქტი „დევალვაციის“ სიბრტეში გადაიტანა. მართალია სრულფასოვანია მოთხოვნა – სერვერი მუდმივი წარმომადგენლობის რანგში იყოს განხილული და მასზე „მიბმული“ მოგების გადასახადის დარიცხვის პროცესი სრულიად აღიარებული წესია, მაგრამ სერვერის ფიზიკურად არსებობის მოთხოვნა არცთუ ნათლად გამოკვეთილი გახდა. კერძოდ, სერვერის ფიზიკური არსებობა ვირტუალ-

ური სერვერის მოცემულობამ ჩაანაცვლა, როგორც სპეციალურ სამეცნიერო ლიტერატურაში მიანიშნებენ, „შექმნილი სტრუქტურა“ დაირღვა. ამ რეალობის ერთგვარი სტიმულატორი გახდა უკანასკნელ პერიოდში შექნილი დამაინტრიგებელი მოცემულობა; აშშ-ის უზენაესმა სასამართლომ 2018 წლის გადაწყვეტილების მიხედვით მუდმივი წარმომადგენლობის საკითხის მიმართ თავისი პოზიცია დააფიქსირა, კერძოდ, მან დაკოტის შტატის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება სამართლებრივად სწორად აღიარა – აშშ-ის უზენაესმა სასამართლომ სერვერის ფიზიკურად არსებობის კრიტერიუმში „ხელოვნურ მოთხოვნად“ მიიჩნია და დაასკვნა: აღნიშნული მოთხოვნა „დისკრიმინაციულ“ პირობებში აყენებს მცირე მეწარმეებს ანუ ბიზნესსუბიექტებს და მეწარმეთა უფლებებს ბღალავს. ამ სახის მოცემულობა ერთგვარად ანეიტრალებს სერვერის ფიზიკური წარმომადგენლის რანგში ყოფნის კრიტერიუმს.

დღეს არაერთი ქვეყნის (ისრაელი, იტალია, ასევე ინდოეთი) საგადასახადო კანონმდებლობაში აღიარებულია მუდმივი წარმომადგენლობის ორი სახე – ფიზიკური და ციფრული. ამ მოცემულობის ფონზე საქართველოს საგადასახადო კოდექსმა უნდა აღიქვას არსებული რეალობა და ადეკვატური მარეგულირებელი ნორმებით უნდა შეხვდეს სინამდვილეს. ამ მიმართულებით მიანიშნებს პროფ. ზ. როგავა: „საზოგადოებრივ-პოლიტიკური და ეკონომიკური სიტუაციების ცვალებადობის შესაბამისად, სახელმწიფოს უნდა ჰქონდეს ადაპტირების და ადეკვატური რეაგირების შესაძლებლობა ახალ ეკონომიკურ და პოლიტიკურ პირობებზე“ [3].

უკანასკნელ პერიოდში საქართველოს სახელმწიფოს ახალი საგადასახადო მოცემულობის მიმართ მოქნილი და რელევანტური დამოკიდებულება აქვს. ამის წინა პირობა ჯერ კიდევ 2009 წელს ჩამოყალიბდა, როცა ევროკომისიამ საქართველოს მთავრობას წარუდგინა რეკომენდაციები სხვადასხვა სფეროში განსახორციელებელი რეფორმების შესახებ. აღნიშნულ მოცემულობას სრულად შეესატყვისება საქართველოსა და ევროკავშირის შორის ასოცირების შეთანხმების IV კარის მე-6 მუხლიც [2].

ელექტრონული კომერციის მიმართ საგადასახადო მოცემულობის დაცვა-რეალიზაციის მიზნით, ჩვენი აზრით, ერთ-ერთი არსებითი მომენტია ის პოზიცია, რომ დღეს მოქმედ საგადასახადო კანონმდებლობაში უცილობლად გაიწეროს ცნება „ციფრული საქონელი“, „ციფრული მიწოდება“, ასევე ციფრული საქონლის ჩამონათვალი. ეს კი მოგების გადასახადის ადმინისტრირების პროცესს გარკვეულწილად გაამარტივებს. თუ ამ სახის არცთუ რთულ დათქმას „ბლოკჩეინის“ ტექნოლოგიის გამოყენება დაემატება, მაშინ, ცხადია, საგადასახადო ვალდებულების შესრულება დღევანდელი სრული შესატყვისი გახდება.

აღნიშნულის წინა პირობაა საგადასახადო სისტემაში დაბეგვრის ესტონური მოდელის დანერგვა-რეალიზაციის სრულიად წარმატებული პროცესი. ანალოგიურად, ცალკე აღნიშვნის ღირსია საქართველოს ფინანსთა სამინისტროს 2019 წლის 28 ივნისის №201 საჯარო გადაწყვეტილება კრიპტოაქტივის და მის მოსაპოვებლად გამოთვლითი სიჩქარის (სიმძლავრის) მიწოდების ოპერაციების გადასახადებით დაბეგვრის თაობაზე [4] და სხვ. ამ

სახის მოცემულობა საბოლოო ჯამში ელექტრონული კომერციის გადასახადით დაბეგვრის პროცესში სიცხადის და გარკვეულობის ნიშნულთან გვაახლოებს. ამ სახის რეალობაში ელექტრონული კომერციის მიმართებით თანაბარი საგადასახადო ტვირთის უზრუნველყოფა, საგადასახადო ეფექტიანობისა და სამართლიანობის რეალიზაცია სრულიად მიღწევადი ხდება.

დასკვნა

დღეს, თანამედროვე მსოფლიო თანამეგობრობაში ელექტრონული კომერციის დაბეგვრისადმი ერთიანი კონცეპტუალური მიდგომა ჯერ კიდევ არ

არსებობს. ეს სრულებით კანონზომიერად ითხოვს, რომ საქართველომ ყურადღება უნდა მიაქციოს ამ სერიოზულ პროცესს – ელექტრონული კომერციის განვითარება სულ უფრო მზარდია, ხოლო ელექტრონული კომერციის საგადასახადო პარადიგმები მეტ ყურადღებას ითხოვს როგორც საკანონმდებლო, ისე თეორიული კუთხით. სხვა ალტერნატივა უბრალოდ არ არსებობს, საქართველოს საგადასახადო სივრცემ „ჩრდილოვან“ ნიშნულს თავი უნდა დააღწიოს ანუ საგადასახადო ვალდებულება ყველასთვის და ყველა მოცემულობაში სრულად აღქმადი უნდა იყოს.

ლიტერატურა

1. Tax Code of Georgia. (2018). Tbilisi: The world of lawyers, p. 425 (In Georgian);
2. Gabisonia, Z. (2020). Some issues of legal regulation of e-commerce. Tbilisi: Georgian-German Journal of Comparative Law (3), pp. 41-49 (In Georgian);
3. Rogava, Z. (2002). Bills. Tax System and Tax Law, p. 360 (In Georgian);
4. Public Decision of the Ministry of Finance of Georgia. (2019). On taxation of cryptocurrency and transaction speed (capacity) delivery operations to obtain it. Retrieved from: <https://matsne.gov.ge/> (In Georgian);
5. Danilkevich, M. (2013). Taxation of e-commerce. Financial Journal (1). Retrieved from www.nifi.ru (In Russian);
6. Frolova, L. (n.d). Taxation of e-commerce. Retrieved from www.dissercat.com (In Russian);
7. What is e-commerce? E-commerce for beginners. Retrieved from www.Interkassa.com (In Russian).

UDC 336.02

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-28-36>

E-Commerce Taxation Paradigms in Georgia

- Anzor Abralava** Department of Business Administration, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: a.abralava@gtu.ge
- Zurab Jorbenadze** Department of Business Administration, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: z.jorbenadze@gtu.ge

Reviewers:

N. Bakashvili, Professor, General Director of Auditing Company “N. Bakashvili and Company”

E-mail: n.bakashvili@bakashviliandco.com

D. Bibichdze, Professor, Faculty of Business Technologies, GTU

E-mail: d.bibichadze@mail.ru

Abstract. Taxation of e-commerce is one of the most serious problems for the civilized world, including our country. The digital industry has put the country’s tax space in a post facto position, threatening the country’s fiscal sovereignty and the efficient functioning of the tax system. It is no longer an illusion that e-commerce opens a new era in taxation. The phenomenon of «borderless» – e-commerce seems to challenge the tax system adapted to it. Understanding the problem for this purpose is both an economic, social and political-economic necessity.

Keywords: bills; e-commerce; taxation; virtual goods (services).

UDC 336.02

SCOPUS CODE 1401

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-28-36

Парадигмы налогообложения электронной коммерции в Грузии

Анзор Абралава Департамент бизнес администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: a.abralava@gtu.ge

Зураб Джорбенадзе Департамент бизнес администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: z.jorbenadze@gtu.ge

Рецензенты:

Н. Бакашвили, профессор, генеральный директор аудиторской компании «Н. Бакашвили и Компания»
E-mail: n.bakashvili@bakashviliandco.com

Д. Бибичадзе, профессор факультета бизнес-технологий ГТУ
E-mail: d.bibichadze@mail.ru

Аннотация. Налогообложение электронной коммерции – одна из самых серьезных проблем для цивилизованного мира, в том числе для нашей страны. Цифровая индустрия поставила налоговое пространство страны в положение постфактум, угрожая фискальному суверенитету страны и эффективному функционированию налоговой системы. Больше не иллюзия, что электронная коммерция открывает новую эру в области налогообложения. Феномен «безграничности» – электронная коммерция, похоже, бросает вызов адаптированной к ней налоговой системе. Понимание сути проблемы для этой цели является одновременно экономической, социальной и политико-экономической потребностью.

Ключевые слова: виртуальные товары (услуги); налогообложение; платёж; электронная коммерция.

განხილვის თარიღი 27.09.2021

შემოსვლის თარიღი 21.10.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 004.6

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-37-45>

Covid-19-თან დაკავშირებული შეტყობინებების ანალიზი და ვიზუალიზაცია 112-ში

რუსუდან ქუთათელაძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kutateladze@gtu.ge	ტექნიკური
ანა კობიაშვილი	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: a.kobiashvili@gtu.ge	ტექნიკური
ნოდარ დარჩიაშვილი	ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: nodo619@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ე. ბარათაშვილი, ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: e.baratashvili@gtu.ge

მ. კიკნაძე, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. კორონავირუსის პანდემიამ მნიშვნელოვნად შეცვალა ადამიანების ცხოვრება და მათი საქმიანობის თითქმის ყველა სფერო. ერთ-ერთი ორგანიზაცია, რომლის ფუნქციონირება პირდაპირაა დაკავშირებული პანდემიის მართვასთან, არის გადაუდებელი დახმარების ოპერატიული მართვის ცენტრი 112. ის აქტიურად არის ჩართული კორონავირუსის მართვის პროცესში და უკვე წელიწადზე მეტია, რაც განსაკუთრებულ რეჟიმში მუშაობს, რა-

თა თითოეულმა მოქალაქემ დროული და მაღალკვალიფიციური მომსახურება მიიღოს.

სტატიაში აღწერილია გადაუდებელი დახმარების ოპერატიული მართვის ცენტრ 112-ში დამუშავებული კოვიდ-19-ის შემთხვევების მონიტორინგის სისტემა, რომლის რეალურ დროში სტაბილურ მუშაობას პანდემიის პირობებში გაზრდილმა შემოსულმა ზარებმა საფრთხე შეუქმნა. აქედან გამომდინარე, შეიქმნა ახალი ფუნქციონალი, რომლის დანიშნულებაცაა სასწრაფო დახმარების ბრიგადების ოპტიმალური ტერიტორიული განაწილება. სტა-

ტიაში განხილულია აღნიშნული ფუნქციონალის Front end ნაწილი. აღწერილია აპლიკაციაში რუკების ინტეგრირების პროცესი, რის შედეგადაც ხდება სასურველი მონაცემების რუკის ფენებად გარდაქმნა და ვიზუალურად წარმოდგენა. აპლიკაცია გვიჩვენებს კოვიდის შემთხვევების რაოდენობას დამატებით ტექსტთან ერთად. ნაჩვენებია კოვიდის შემთხვევების რუკის მაგალითი. მოცემულია აპლიკაციის მუშაობის ილუსტრაციები, რომლებიც გვიჩვენებს როგორც მიმდინარე დღის, ისე გასული პერიოდის სტატისტიკურ მონაცემებს.

საკვანძო სიტყვები: Google-ის რუკა; Front end აპლიკაცია; მონაცემთა დამუშავება; სატელეფონო ცენტრი; open source ბიბლიოთეკა; Angular ტექნოლოგია.

შესავალი

პანდემიის პერიოდში 112-ში დღე-ღამის განმავლობაში განხორციელებული ზარების რაოდენობა დაახლოებით 1,4-ჯერ გაიზარდა. ამასთანავე, კვლევების თანახმად, მიუხედავად მძიმე ეპიდემიოლოგიისა, 112-ში დღე-ღამის განმავლობაში 3000-მდე არამიზნობრივი და საინფორმაციო ხასიათის ზარი შედის, რაც ხელს უშლის მუშაობის ნორმალურად წარმართვას. შედეგად კი მიიღება უკმაყოფილო აბონენტი, რომელსაც შესაძლოა რეალური სასწრაფო დახმარება სჭირდება, მაგრამ გადატვირთულობის გამო სატელეფონო ცენტრს ვერ უკავშირდება.

ინფიცირების რაოდენობის ზრდასთან ერთად, იზრდება ცენტრის დატვირთვა. 112 განაგრძობს 24 საათის განმავლობაში განსაკუთრებულ რეჟიმში მუშაობას, რათა თითოეულმა მოქალაქემ მაღალი სტანდარტის მომსახურება მიიღოს, როგორც გადაუდებელი შემთხვევის დროს, ასევე ვირუსთან დაკავშირებით [1].

ძირითადი ნაწილი

112-ის ოპერატორი იღებს ინფორმაციას, დაამუშავებს, შეაფასებს მას და გადაუგზავნის შესაბამის სამსახურს შემდგომი რეაგირებისათვის. მიუხედავად იმისა, რომ პანდემიის მეორე ტალღის პიკის პერიოდში ოპერატორების რაოდენობა თითქმის 3-ჯერ გაიზარდა, სამსახურის გამართული მუშაობისათვის საჭირო გახდა სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება, რომლის მეშვეობითაც ხდება სასწრაფო დახმარების ბრიგადების ოპტიმალური გადანაწილება საქართველოს რეგიონებსა და თბილისის სხვადასხვა რაიონში.

იმის გამო, რომ 112-ში განხორციელებული ზარი მხოლოდ კორონავირუსის შემთხვევებს არ ეხება, სასწრაფო დახმარების ბრიგადების ეფექტური მუშაობისათვის მნიშვნელოვანია კოვიდ-19-თან დაკავშირებული გამოძახებების სტატისტიკური ანალიზი. ამიტომ 112-ის მონაცემთა მონიტორინგის სისტემას დაემატა ახალი ფუნქციონალი, რომელიც გვიჩვენებს კორონავირუსთან დაკავშირებული ზარების სტატისტიკას რეგიონული და რაიონული კატეგორიზაციით [2]. სტატისტიკური მონაცემები ორი სახით მიიღება: ცხრილის სახით და რუკაზე ვიზუალიზაციით.

დამუშავებული აპლიკაციის მთავარი უპირატე- სობაა მონაცემთა ბაზაში მიმდინარე მონაცემების ავტომატური განახლების შესაძლებლობა. პროგ- რამა ყოველი იტერაციის შესრულებისას აღმოაჩენს, არსებობს თუ არა განახლებული მონაცემები და შესაბამის მონაცემებს აგზავნის Front end აპლიკა- ციასთან.

სისტემის Front end ნაწილი არის აპლიკაცია, რომელიც შესრულებულია Angular ტექნოლოგიის გამოყენებით [3]. აპლიკაციაში ინტეგრირებულია რუკები Leaflet ბიბლიოთეკის გამოყენებით [4]. მონაცემთა რეალურ დროში გასაახლებლად პროგრამა იყენებს SignalR შეტყობინებების სისტემას [5].

Leaflet არის JavaScript-ის open source ბიბლიო- თეკა, რომელიც Front end აპლიკაციაში რუკების ინტეგრირების საშუალებას გვაძლევს [6]. Leaflet-ის გამოყენებით შესაძლებელია სასურველი მონაცემე- ბის რუკის ფენებად გარდაქმნა და ვიზუალური წარმოდგენა.

აღსანიშნავია, რომ Leaflet არის მხოლოდ ინს- ტრუმენტი და არა უშუალოდ რუკა. მისი გამოყენე- ბისთვის აუცილებელია მივაწოდოთ როგორც რუ- კის გრაფიკული გამოსახულება, ისე მარკერების მონაცემები.

კოვიდ-19-ის აპლიკაცია Leaflet-ის ვიზუალურ წყაროდ იყენებს Google-ის რუკას [7] (სურ.1). ობიექტის Typescript აღწერა ასეთია:

```
googleMap =
L.tileLayer('https://{s}.google.com/vt/lyrs=m&x=
{x}&y={y}&z={z}', {
maxZoom: 21,
minZoom: 8,
```

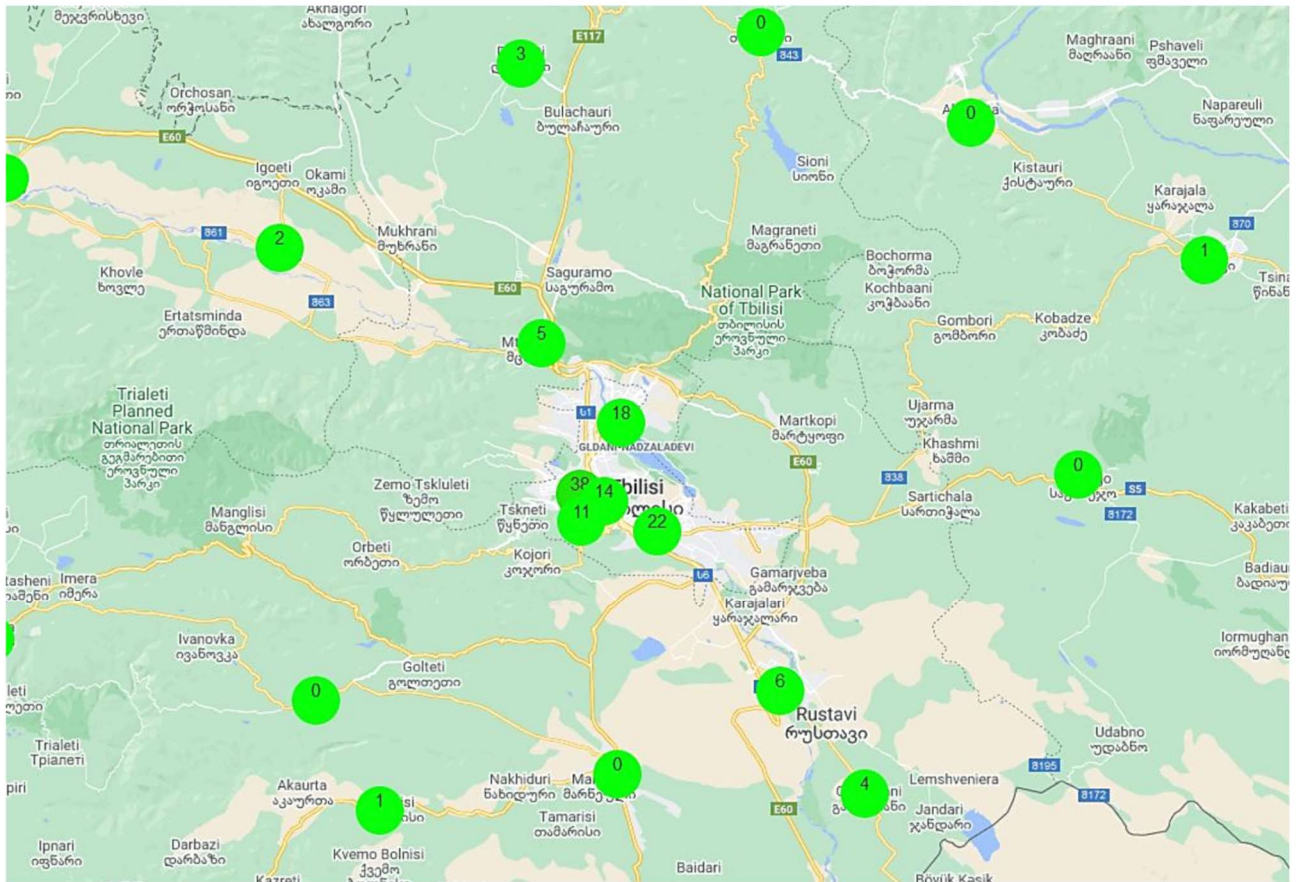
```
subdomains: ['mt0', 'mt1', 'mt2', 'mt3']
});
```

tileLayer ობიექტი გამოიყენება რუკის ჩასატვირ- თად. ის იღებს შემდეგ პარამეტრებს:

- რუკის URL მისამართი. ამ შემთხვევაში პარამეტ- რად ვუთითებთ მისამართს Google-ის რუკაზე. ეს მნიშვნელობაც, თავის მხრივ, შეიცავს შიგა ტექსტურ პარამეტრებს: s, x, y და z.
- s აღნიშნავს რუკის ალტერნატიულ ქვედომენებს და საშუალებას აძლევს Leaflet აპლიკაციას პარა- ლელური მოთხოვნები გაგზავნოს რამდენიმე ქვედომენზე.
- x და y: მარკერის კოორდინატები.
- z: მიახლოების მნიშვნელობა რუკის ჩატვირთ- ვისას.
- maxZoom: რუკის მიახლოების მაქსიმალური მნიშვნელობა.
- minZoom: რუკის მიახლოების მინიმალური მნიშვნელობა.
- subdomains: ზემოთ აღწერილი ქვედომენის შე- საძლო მნიშვნელობების ჩამონათვალი. ეს მნი- შვნელობები მოთავსდება s პარამეტრის ადგი- ლას.

რუკაზე რაიონის მარკერის მოთავსების კოდი:

```
const addCoronaStatisticsToMap = (name, data) => {
const percent = (data.coronaStatisticInfo.casesCount
/ this.totalCoronaCases) * 100;
const roundedPercent = Math.round(percent);
const marker = L.marker ([data. coordinatesInfo.
longitude, data.coordinatesInfo.latitude], {
icon: L.divIcon({
html: ` ${data.coronaStatisticInfo.casesCount} ` ,
```



სურ. 1. კოვიდ-19-ის შემთხვევების რუკის მაგალითი

```

className:
    `${this.appService.getCoronaStatisticColors
    (roundedPercent)}`,
    iconSize: L.point(40, 40)
    }),
    title: `${name}` });
    this.coronaStatisticsOnMap[name] = {data, marker };
    this.coronaStatisticsLayer.addLayer(marker);
    bindPopupToCoronaStatistics(name);
};

```

addCoronaStatisticsToMap ფუნქციას აქვს ორი პარამეტრი: name – რაიონის სახელი, data – მონაცემები შემთხვევების რაოდენობის შესახებ.

percent ცვლადში გამოითვლება მოცემული რაიონის პროცენტული მაჩვენებელი, ყველა რაიონის შემთხვევებიდან, ხოლო roundedPercent არის ამ მაჩვენებლის დამრგვალებული მნიშვნელობა.

რუკაზე მარკერის ფენის შესაქმნელად ვიყენებთ Leaflet-ის marker ფუნქციას L.marker():

პირველი პარამეტრი: გრძედისა და განედის მასივი.

Icon: მარკერის ვიზუალური გამოსახულების აღწერა.

html: მარკერის HTML აღწერა.

className: CSS კლასის სახელი, რომელიც გვსურს, რომ მიენიჭოს მოცემულ მარკერს.

iconSize: მარკერის ზომა.

title: მარკერის tooltip-ის მნიშვნელობა.

რუკაზე რაიონის დამატებისას ობიექტს ვინახავთ ლექსიკონის ტიპის ობიექტში (dictionary), რათა შევძლოთ მისი განახლება.

```
this.coronaStatisticsOnMap[name] = { data, marker };
```

coronaStatisticsLayer არის Leaflet-ის FeatureGroup ტიპის ობიექტი, რომლის addLayer ფუნქციით ახალშექმნილ მარკერსაც ვამატებთ რუკაზე. this.coronaStatisticsLayer.addLayer(marker);

Leaflet საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ Popup კონტეინერი და მასში მოვათავსოთ მონაცემები სასურველი ფორმით. Popup-ის ჩვენება შეგვიძლია ნებისმიერი მოქმედების შესრულებისას. ამ აპლიკაციის შემთხვევაში, popup-ს ვაჩვენებთ მარკერზე კურსორის დაწკაპუნებისას.

Popup-ის შექმნის ფუნქცია:

```
const bindPopupToCoronaStatistics = name => {
  const { data, marker } = this.coronaStatistics On Map
  [name];
```

```
  let content = `<dl>
  <dt>რაიონი</dt>
  <dd>${data.districtName}</dd>
  `;
  if (data.pastCoronaStatisticInfo !== null) {
    content += `
  <dt>ბოლო 24 საათის სტატისტიკა</dt>
  <dd>${data.coronaStatisticInfo.casesCount}</dd>
```

```
<dt>წინა 24 საათის სტატისტიკა</dt>
```

```
<dd>${data.pastCoronaStatisticInfo.casesCount}</dd>
```

```
`;
```

```
} else {
```

```
  content += `
```

```
<dt>პერიოდის სტატისტიკა</dt>
```

```
<dd>${data.coronaStatisticInfo.casesCount}</dd>
```

```
`;
```

```
}
```

```
content += '</dl>';
```

```
marker.bindPopup(content);
```

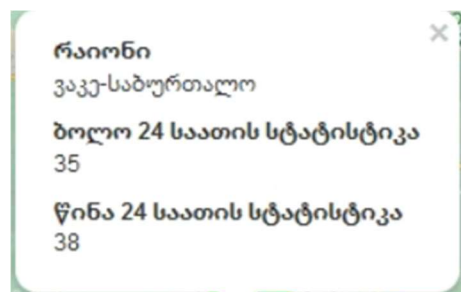
```
};
```

bindPopupToCoronaStatistics პარამეტრად იღებს რაიონის სახელს და მისი გამოყენებით იღებს აუცილებელ მონაცემებს coronaStatisticsOnMap ლექსიკონის ობიექტიდან: const { data, marker } = this.coronaStatisticsOnMap[name];

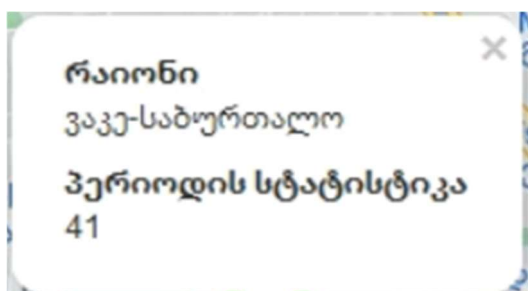
content ცვლადი აღნიშნავს popup კონტეინერის HTML კოდს და გვიჩვენებს კოვიდის შემთხვევების რაოდენობას დამატებით ტექსტთან ერთად.

marker.bindPopup(content) ფუნქცია ახალშექმნილ content-ს მიაბამს მარკერს.

Popup კონტეინერის ვიზუალური მხარე მოცემულია მე-2 და მე-3 სურ-ებზე.



სურ. 2. მიმდინარე დღის მონაცემები წინა დღის მონაცემებთან ერთად



სურ. 3. გასული პერიოდის მონაცემები (კონკრეტული დღეების მითითებით)

სისტემაში ასევე შესაძლებელია მონაცემების განახლება რეალურ დროში. SignalR არის ASP.NET ბიბლიოთეკა, რომელიც იყენებს არსებულ მონაცემთა გადამცემ ტექნოლოგიებს არჩეული ინფრასტრუქტურის გათვალისწინებით. SignalR-ს აქვს რეალურ დროში კომუნიკაციის შესაძლებლობა ფართო დიაპაზონის აპლიკაციებისათვის. ამრიგად, დეველოპერს არ სჭირდება იფიქროს ტრანსპორტირების მექანიზმზე და იმაზე, თუ რა ტექნოლოგია გამოიყენოს იმ შემთხვევაში, როდესაც მის ინფრასტრუქტურას რომელიმე ტექნოლოგიის მხარდაჭერა არა აქვს.

SignalR-ის საშუალებით Back end სერვისი, მონაცემების განახლებისას, შეტყობინებას უგზავნის Front end აპლიკაციას, რომ რუკაზე ამა თუ იმ მარკერის განახლებაა საჭირო.

სერვისისგან მიღებული შეტყობინების დამუშავების კოდი:

```
this.coronaStatisticsHubConnection.on('StatisticsUpdated', this.updateCoronaStatisticsState.bind(this));
```

მოცემული კოდი Back end-სგან მიღებული 'StatisticsUpdated' შეტყობინების საფუძველზე ასრულებს updateCoronaStatistics ფუნქციას. ფუნქციას გადაეცემა შემდეგი პარამეტრები:

districtId: იმ რაიონის Id, რომლის მნიშვნელობაც განახლდა.

statisticsInfo: განახლებული მნიშვნელობა.

მონაცემების ვიზუალური ასახვისთვის update CoronaStatistics ფუნქცია მიმართავს update CoronaStatisticsOnMap-ს:

```
const updateCoronaStatisticsOnMap = (name, newData) => {
    const marker =
this.coronaStatisticsOnMap[name].marker;
    const percent =
(newData.coronaStatisticInfo.casesCount /
this.totalCoronaCases) * 100;
    const roundedPercent = Math.round(percent);
    marker.setIcon(L.divIcon({
    html: ` ${newData.coronaStatisticInfo.casesCount} `,
    className:
` ${this.appService.getCoronaStatisticColors(roundedPercent)} `,
    iconSize: L.point(40, 40)
}))
    const newCoordinates = newData.coordinatesInfo;
    this.coronaStatisticsOnMap[name].data = newData;
    marker.setLatLng([newCoordinates.longitude,
newCoordinates.latitude ]);
    bindPopupToCoronaStatistics(name);
};
```

marker.setIcon – მარკერის ვიზუალური ფორმის განახლება.

marker.setLatLng ბრძანება განახლებს კოორდინატებს არსებულ marker-ში.

ფუნქციის დანარჩენი ნაწილი იგივეა, რაც მარკერის შექმნის ფუნქციაში, იმ განსხვავებით, რომ აქ

მონაცემთა ცვლადს newData სახელით მივმართავთ.

დასკვნა

გადაუდებელი დახმარების ოპერატიული მართვის ცენტრის მუშაობის ეფექტურობის ასამაღლებლად შექმნილი ფუნქციონალი საშუალებას იძლევა სისტემაში მონაცემები განახლდეს რეალურ დროში. აღნიშნული აპლიკაცია ეფუძნება ASP.NET ბიბლიოთეკას და იყენებს არსებული მონაცემების გა-

დაცემის ტექნოლოგიებს არჩეული ინფრასტრუქტურის გათვალისწინებით. აპლიკაცია იყენებს SignalR შეტყობინებების სისტემას, რომელსაც აქვს რეალურ დროში კომუნიკაციის შესაძლებლობა ფართო დიაპაზონის აპლიკაციებისათვის. აქედან გამომდინარე, დეველოპერს აღარ დასჭირდება იფიქროს ტრანსპორტირების მექანიზმზე და იმაზე, თუ რა ტექნოლოგია გამოიყენოს იმ შემთხვევაში, თუ მის ინფრასტრუქტურას არ ექნება რომელიმე ტექნოლოგიის მხარდაჭერა.

ლიტერატურა

1. Statement of the Public Safety Management Center of the Ministry of Internal Affairs, 112. (2020). Retrieved from: <https://police.ge/ge/shinagan-saqmeta-saministros-sazogadoebrivi-usaftrkxhoebis-martvis-tsentr-is-gantskhadeba/14058> (In Georgian);
2. Darchiashvili, N., Kobiashvili, A. Covid-19 Case Monitoring System at the Public Safety Management Centre. Georgian Technical University, Works, Automated Management Systems, Tbilisi, 2021, N2 (33), p. 54-61 (in Georgian);
3. JSON. (n.d). Introducing JSON. Retrieved from: <https://www.json.org/json-en.html>
4. Leaflet. (n.d.). *Leaflet — an open-source JavaScript library for interactive maps*. Leafletjs.Com. <https://leafletjs.com/reference-1.7.1.html>;
5. B. (2020, September 10). *Introduction to SignalR*. Microsoft Docs. Retrieved from: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/signalr/overview/getting-started/introduction-to-signalr>.
6. Microsoft. (n.d.). ASP.NET documentation. Microsoft Docs. Retrieved from: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-5.0>;
7. Google. (n.d.). *Google Maps Platform Documentation*. Google Developers. <https://developers.google.com/maps/documentation>

UDC 004.6

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-37-45>

Analysis and Visualization of Covid-19 Related Notifications Received at 112

- Rusudan Kutateladze** Department of Business Administration, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- Ana Kobiashvili** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: a.kobiashvili@gtu.ge
- Nodar Darchiashvili** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: nodo619@gmail.com

Reviewers:

E. Baratashvili, Professor, Faculty of Business Technologies, GTU

E-mail: e.baratashvili@gtu.ge

M. Kiknadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. The coronavirus pandemic has significantly changed a person's life and almost all areas of his activity. One of the organizations whose activities are directly related to the management of the pandemic is the Emergency Management Center 112. It is actively involved in the process of managing the coronavirus and has been working in a special mode for more than a year to provide timely and highly qualified services to every citizen.

Covid-19 monitoring system developed at the 112 Emergency Management Center is described, whose real-time stability has been compromised by the increasing number of incoming calls during the pandemic. Consequently, a new functionality has been created, the purpose of which is the optimal geographical distribution of ambulance crews. The article discusses the front-end part of this functionality. It also describes the process of integrating maps into the application, which results in the transformation of the desired data into map layers and visual representation. The application shows the number of Covid-19 cases along with an additional text. An example of Covid-19 cases map is shown. The illustrations are provided showing the statistical data of both current days and past period.

Keywords: Angular technology; call center; data processing; front-end application; Google Map; open source library.

UDC 004.6

SCOPUS CODE 1701

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-37-45

Анализ и визуализация уведомлений, связанных с Covid-19, поступающих в 112

- Русудан Кутателадзе** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
- Анна Кобиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: a.kobiashvili@gtu.ge
- Нодар Дарчиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: nodo619@gmail.com

Рецензенты:

Е. Бараташвили, профессор факультета бизнес-технологий ГТУ

E-mail: e.baratashvili@gtu.ge

М. Кикнадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. Пандемия коронавируса существенно изменила жизнь человека и практически все сферы его деятельности. Одной из организаций, деятельность которой напрямую связана с управлением пандемией, является Центр управления в чрезвычайных ситуациях 112. Он активно участвует в процессе управления коронавирусом и более года работает в специальном режиме для оказания своевременных и высококвалифицированных услуг каждому гражданину.

Описывается система мониторинга Ковид-19 случаев, разработанная в центре управления чрезвычайными ситуациями, в 112, стабильность работы в режиме реального времени которого оказалась под угрозой из-за увеличения количества входящих звонков во время пандемии. Следовательно, создан новый функционал, цель которого оптимальное территориальное распределение бригад скорой помощи. В статье обсуждается Front-end часть данного функционала. Описывается процесс интеграции карт в приложения, который приводит к преобразованию требуемых данных в слои карты и визуальное представление. Приложение показывает количество случаев Ковида вместе с дополнительным текстом. Показан пример карты Ковид случаев. Даны иллюстрации работы приложения, показывающие статистические данные как текущего дня, так и прошедшего периода.

Ключевые слова: колл-центр; библиотека с открытым исходным кодом; карты Гугл; технология Angular; обработка данных; Front-end приложение.

განხილვის თარიღი 27.09.2021

შემოსვლის თარიღი 29.09.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 681.3.06

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-46-61>

ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების

უსაფრთხოება, SCADA – შეტევის ობიექტი

ჯემალ გრიგალაშვილი	მართვის სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: j.grigalashvili@gtu.ge
ზაურ ჯოჯუა	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: jojuazauri@yahoo.com
ნინო ჯოჯუა	კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: jojua_nina@gmail.com

რეცენზენტები:

ქ. კოტიკაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: ketino27@gmail.com

კ. ოდიშარია, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: o_korneli@yahoo.com

ანოტაცია. თითქმის ყველა SCADA სისტემის პრობლემა, რაოდენ საოცრადაც უნდა მოგვეჩვენოს, არის უმნიშვნელო დაცულობა თვით საბოლოო მომხმარებლის აგდებული და მზაკვრული დამოკიდებულებისაგან.

სტატიაში განხილულია თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემები და მათ უსაფრთხოებაზე შეტევის ალ-

ბათობები. განხილულია ვირუსული ჭიკაყელა Stuxnet-ი და მისი აღმოჩენა ბუშერის ატომურ ელექტროსადგურზე. გაანალიზებულია კრიტიკულად მნიშვნელოვან ობიექტებზე შეტევების განხორციელების გზები, ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების უსაფრთხოების ანალიზისთვის გამოყენებული ინსტრუმენტული საშუალებები. შეთავაზებულია Stuxnet ვირუსის მიერ დაზიანებული კვანძების აღმოჩენის გზები. განხილულია ტიპური ტოპოლოგიის მქონე ტექნოლო-

გიური ქსელი და მისი ტიპური საფრთხეები. გაანალიზებულია MODBUS პროტოკოლი, დისპეტჩერიზაციის სისტემა და CISCO როუტერზე დაყენებული პაროლები.

საკვანძო სიტყვები: ბუშერის ატომური ელექტროსადგური; დისპეტჩერიზაციის სისტემა; Stuxnet ვირუსი; თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების უსაფრთხოება; SCADA; პაროლები; MODBUS პროტოკოლი; CISCO როუტერი.

შესავალი

შეიძლება ითქვას, რომ CMC ვირუსბლოკერები გაცილებით უკეთესად ართმევს თავს დაუბლოკოს მომხმარებელს ყველაფერი თავის თავის გარდა, ვიდრე ასეთივე დანიშნულების SCADA სისტემები. CMC ვირუსბლოკერების მთავარი ამოცანა, როგორც ცნობილია, არის სისტემის მუშაობის დაბლოკვა და შემდეგ დაზარალებულის იძულება გადაიხადოს მისი განბლოკვისათვის ან საკუთარ სამუშაო დოკუმენტებთან წვდომისათვის შესაბამისი ანაზღაურება.

იმისათვის, რომ ხელით დავკოლოთ ყველა სუსტი ადგილი ოპერატორის სადგურზე, საჭიროა დაახლოებით ერთსაათიანი მუშაობა პაჩების დაყენებაში, რაც განპირობებულია უსაფრთხოების პოლიტიკითა და ფაერვოლის დაყენებით. მაგრამ, ამასთანავე, არსებობს შესაძლებლობა თვითონ შევქმნათ სკრიპტი ამ ქმედებების ავტომატიზაციისათვის.

ძირითადი ნაწილი

1. ტექნოლოგიური პროცესების მართვის თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემების (ტპმას)

ქვემოთ მოცემული აღწერა ძირითადად ეხება ისეთი ფირმების პროდუქციას, როგორცაა Siemens, Yokogawa, Honeywell და სხვა. ეს ტექნიკა მუშაობს საფრთხის შემცველ საწარმოებსა და დაწესებულებებში (ქიმიური, ნავთობქიმიური, ჰიდრო-, თბო- და ატომური ელექტროსადგურები და სხვ.). თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ თითოეულ ამ სისტემას სხვებთან შედარებით აქვს როგორც გარკვეული უპირატესობები, ისე ცნობილი ნაკლოვანებები. აქედან გამომდინარე, ჩვენ შევხებით ამ სისტემების მხოლოდ საერთო მახასიათებლებს. აღნიშნული სისტემები, როგორც წესი, შედგება მართვის განაწილებული სისტემისაგან (მგს) და ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატური დაცვის სისტემისაგან (ასადს).

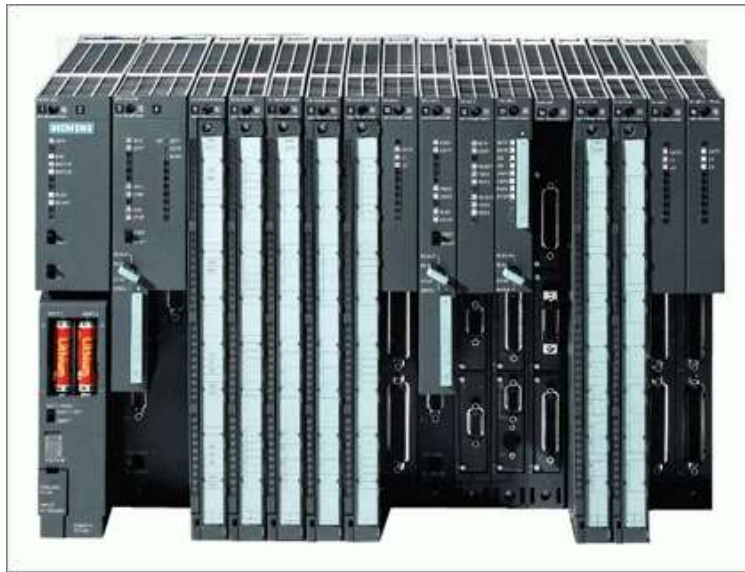
ა. მგს არის აპარატულ-პროგრამული კომპლექსი, რომელიც თავის მხრივ შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:

1. საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოებისა და ავტომატიკისაგან (სგხ და ავტ). ეს ის აპარატურაა, რომლის მეშვეობითაც ხდება ტექნოლოგიურ პროცესზე უშუალო თვალყურის დევნება და მისი მართვა. ყოველგვარი სარქველები, გადამკეტები, ელექტრული ჩამრახები, წნევის, დონისა და ტემპერატურის გადამწოდები, გაზონალიზატორები, ტუმბოები, ვაკუუმური გამწოვები და მრავალი სხვა ტიპის მოწყობილობები განეკუთვნება სგხ-სა და ავტ-ს. აღსანიშნავია, რომ ამ მოწყობილობების მიერ გენერირებული სიგნალების ტიპები შეიძლება იყოს რო-

გორც ანალოგური (4 - 20მა, 0 - 5ვ და სხვ), ისე დისკრეტული.

2. პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერებისაგან (პლკ, PLC) (ფიგ. 1), რომლებიც ტპმას-ის მთავარი მმართველი ორგანოა და შედგება დუბლირებული კვების ბლოკისაგან, დუბლირებული პროცესორული მოდულებისა და დუბლირებული შემ-

ყვან-გამომყვანი მოდულებისგან. შემყვან-გამომყვან მოდულებზე უშუალოდ მიერთებულია ობიექტებთან დაკავშირებული გადამწოდები და მარეგულირებელი აპარატურა, პროცესორულ მოდულებში ჩატვირთულია ავტომატური რეგულირებისა და დამცავი ბლოკირებების მუშაობის ლოგიკა.



ფიგ. 1. პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი დუბლირებული ბლოკებით



ფიგ. 2. პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი S7-1200 და S7-1500

უკანასკნელ ხანს გამოჩნდა სიმენსის ახალი ტიპის კონტროლერები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება დაბალი, საშუალო და მაღალი სირთულის ავტომატიზაციის სისტემების ასაგებად (ფიგ. 2). აღნიშნულმა პლკ-ებმა მთლიანად გამოდევნეს ამავე ფირმის მოძველებული S7-200 და S7-300 მოდელები მართვის თანამედროვე ავტომატიზებულ სისტემებში გამოყენებისაგან.

უნდა აღინიშნოს, რომ S7-1200 და S7-1500 პლკ-ები სტუ-მა შეიძინა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის დაფინანსებით განლაგებულია სტუ-ის მართვის სისტემების დეპარტამენტში და გამოიყენება სწავლების პროცესში.

3. ადამიანი-მანქანის ინტერფეისისაგან (ფიგ. 3), რომელიც ჩვეულებრივ წარმოადგენს პერსონალურ კომპიუტერს მასზე დაყენებული OC Windows და სპეციფიკური პროგრამული უზრუნველყოფით,

რომლის დახმარებითაც სრულდება ტპმას-ის კონფიგურირება. ასეთ კომპიუტერებს, ჩვეულებრივ, ყოფენ რამდენიმე ტიპად: ოპერატორის სადგური, ინჟინრის სადგური, საკონტროლო-საზომი ხელსაწყოების საინჟინრო სადგური.

სისტემასთან წვდომის უფლების ხარისხი ოპერატორებისათვის შეიძლება იყოს სხვადასხვა. ჩვეულებრივ რიგით ოპერატორებს არა აქვთ წვდომა იმ აპარატურასთან, რომლის მუშაობაც მოქმედებს უსაფრთხოებაზე, ყველაზე დიდი უფლებები (თუმცა ინჟინერზე ნაკლები) აქვს ცვლის უფროსს. ამასთანავე, გასათვალისწინებელია, რომ ოპერატორის სადგურიდან პლკ-ს დაპროგრამება შეუძლებელია. სგხ და ავტ-ის ინჟინრის სადგურს აქვს უფრო მეტად გამოყენებითი შესაძლებლობები, უზრუნველყოფენ სავსე აპარატურის კონტროლს და დიაგნოსტიკას.



ფიგ. 3. ადამიანი-მანქანის ინტერფეისის ეკრანი

ბ. ასადს - ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატური დაცვის სისტემის ძირითადი ამოცანაა წარმოების გადაყვანა უსაფრთხო ფუნქციონირების რეჟიმში მგს-ს მუშაობისას წარმოქმნილი რაიმე პრობლემის შემთხ-

ვევაში და დარეზერვებული აპარატურის მართვაზე გადასვლა.

ეს პრობლემებია ტექნოლოგიური პროცესების გამოსვლა დასაშვები ზღვრებიდან, აპარატურის

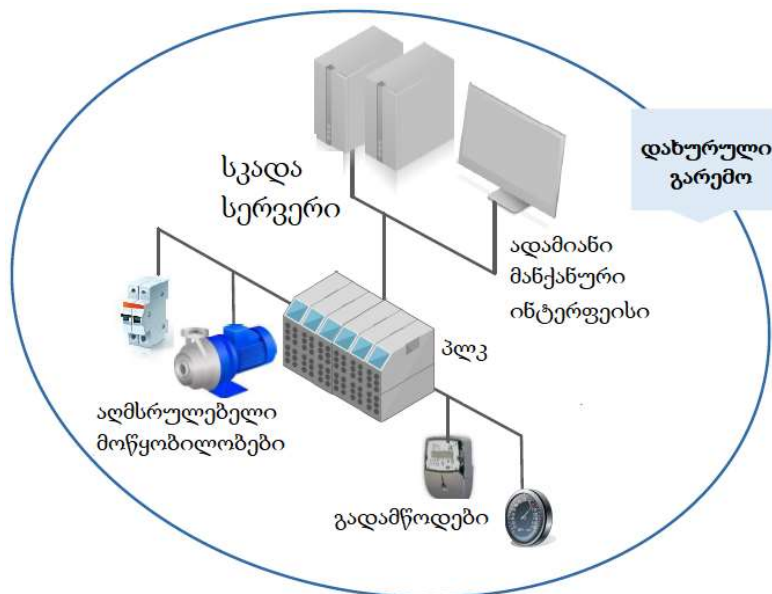
მტყუნება, არასამატო სიტუაციები და სხვ. როგორც წესი, ასეთი სისტემა მონაცემებს იღებს დუბლირებული გადამწოდებიდან (ერთ-ერთ ყველაზე საიმედო სქემად ითვლება „2003“, როდესაც ამუშავდება 2 ნებისმიერი გადამწოდი ერთ წერტილში დაყენებული სამი გადამწოდიდან. ეს ფაქტი ითვლება აუცილებელ პირობად დამცავი ბლოკირების ამუშავებისათვის). **ასადს**-ის სისტემას არა აქვს ოპერატორის სადგური, აქვს მხოლოდ საინჟინრო სადგური, რითაც ხდება სისტემის **პლკ**-ს კონფიგურირება. **მგს**-ს ოპერატორის სადგურიდან შეიძლება ვნახოთ, თუ როგორ მუშაობს ავარიის საწინააღმდეგო დაცვის სისტემა, მაგრამ მისი მართვა არ შეუძლია.

თანამედროვე კლასიკურ **ტკმას**-ს ახასიათებს შემდეგი თავისებურებები (ფიგ. 4):

- ოპერატორის ზოგიერთი სადგურის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში ტექნოლოგიური პრო-

ცესის ავტომატური მართვა გრძელდება. თუ საჭირო გახდება, უნდა დაემატოს პირობები, რომლის წარმოქმნისას ყველა სადგურის მტყუნებამ უნდა გამოიწვიოს წარმოების უსაფრთხო გაჩერება;

- ოპერატორის სადგურები მიერთებულია წარმოების ქსელს, მაგრამ ჩვეულებრივად არა აქვს დაშვება ინტერნეტის ქსელთან, არა აქვს USB დამგროვებლების მიერთების შესაძლებლობა და არა აქვს დისკიდან წამკითხავი საშუალებები. ასევე, ხშირად ოპერატორის სადგურებს არა აქვს სტანდარტული კომპიუტერული კლავიატურები და აღჭურვილი არიან სპეციალიზებული კლავიატურით, რომლებსაც აქვს მხოლოდ აუცილებელი ფუნქციური ღილაკები;
- საინჟინრო სადგურები, ჩვეულებრივ, გამორთული ან ძილის რეჟიმშია.



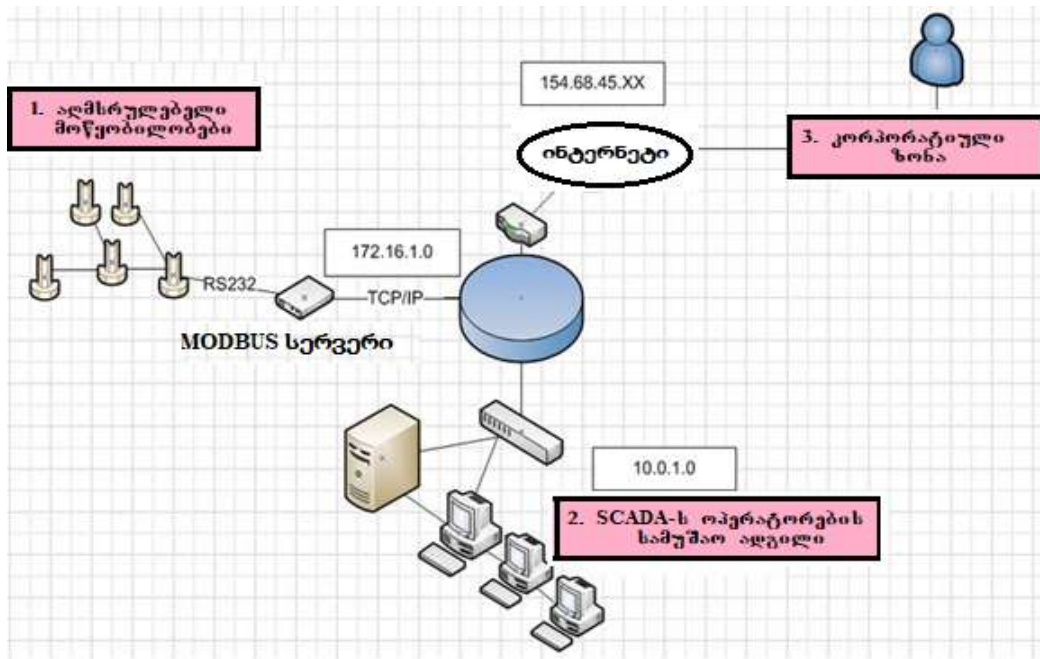
ფიგ. 4. კლასიკური ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემა

2. ტპმას-ის ტიპური დაუცველობები

განვიხილოთ ცხადად, თუ რა სახის ხიფათს შეიცავს ტექნოლოგიური ქსელის ტიპური ტოპოლოგია (ფიგ. 5).

ტიპურ ტოპოლოგიაში, ტექნოლოგიური პროცესის ბუნებიდან გამომდინარე, ცალკე გამოყოფენ სამ ზონას – კორპორატიულს (რომელსაც არ აქვს კავშირი მართვასთან და დაკავებულია მხოლოდ ბიზნეს-

პროცესებით); აღმასრულებელს (უშუალო რგოლი, სადაც სრულდება ტექნოლოგიური პროცესი, მაგალითად, ამიაკის გადამუშავება ან, მაგალითად, ნავთობის მოძრაობის მართვა და სხვ.) და დისპეტჩერიზაციისას (ეს ის ზონაა, სადაც მუშაობენ ტპმას-ის ოპერატორები ანუ ის თანამშრომლები, რომლებმაც შეიძლება გავლენა მოახდინონ ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობაზე).



ფიგ. 5. ტექნოლოგიური ქსელის ტიპური ტოპოლოგია

აღმსრულებელ მოწყობილობებსა და ტელემეტრიულ ქვესისტემაში შეიძლება დაგროვდეს შეტყობინებები იმ განგაშისა და ავარიული სიტუაციების შესახებ, რაც საკმაოდ კრიტიკულია მოცემული მომენტისათვის. ამასთან დაკავშირებით, ძალზე მნიშვნელოვანია აღნიშნულ ბლოკებს მიეკუთვნოს საყოველთაოდ დასაშვები IP-მისამართები, რაც სამწუხაროდ ძალიან ხშირად გვხვდება. ზოგიერთ სიტუაციაში ამ პრობლემიდან თავის არიდება შეუძლებელია ქსელის დაპროექტების პროცესში. მაგალითად, თანამედროვე სამრეწველო კონტროლერები შეიძლება შეერთებული იყოს პირდაპირ ან მოდემის გავლით. მოდემის გავლით შეერთებისას მათ, ჩვეულებრივ, აერთებენ GPRS/GSM მოდემებით, რაც ავტომატურად იწვევს მობილურ ოპერატორზე IP-მისამართის მინიჭებას. ასეთი კონფიგურაციის შემთხვევაში ისინი ძალიან დაუცველნი ხდებიან გარე შეტევებისგან. სპეციალიზებული უტილიტებითა და

ლია ქსელის დაპროექტების პროცესში. მაგალითად, თანამედროვე სამრეწველო კონტროლერები შეიძლება შეერთებული იყოს პირდაპირ ან მოდემის გავლით. მოდემის გავლით შეერთებისას მათ, ჩვეულებრივ, აერთებენ GPRS/GSM მოდემებით, რაც ავტომატურად იწვევს მობილურ ოპერატორზე IP-მისამართის მინიჭებას. ასეთი კონფიგურაციის შემთხვევაში ისინი ძალიან დაუცველნი ხდებიან გარე შეტევებისგან. სპეციალიზებული უტილიტებითა და

მეთოდებით ბოროტგანმზრახველმა შეიძლება აღ-
მოაჩინოს ასეთი მოწყობილობები და დააზიანოს
ისინი. თვითონ აღმსრულებელი მოწყობილობები
მიერთებულია MODBUS სერვერთან მიმდევრობით
(RS-232/RS-485) ინტერფეისის გავლით, ხოლო ეს
უკანასკნელები იმართება ოპერატორებით ხდება
TCP/IP პროტოკოლის გამოყენებით Ethernet /
Industrial Ethernet არხის გავლით.

დაუცველობის (საფრთხეების) სრული სურათის
შესაქმნელად გთავაზობთ არაერთ მონაცემს და მათ
ანალიზს სპეციალიზებული წყაროებიდან (ჩვენს
შემთხვევაში ძირითადად გამოყენებულია კომპანია
Positive Technologies მასალები). მონაცემთა ნაწილი
აღებულია სხვა წყაროებიდანაც, როგორცაა: დაუც-
ველობის (საფრთხეების) ცოდნის ბაზა (vulnerability
databases), საექსპლუატაციო პაკეტები (packs), მწარ-
მოებლების შეტყობინებები, სამეცნიერო კონფერენ-
ციების და სპეციალიზებული საიტების მასალები.
დაუცველობის კვლევას ტჰმას-ის სფეროში დასა-
ბამი მისცა Stuxnet ჭიის აღმოჩენამ ირანის ატომურ
ელექტროსადგურ ბუშერში. ქვემოთ მოცემულია
მასალები 2005-2018 წლებში აღმოჩენილი საფრთხე-
ების შესახებ ტჰმას-ში (იხ. ცხრ. 1) და განმარტებუ-
ლია მათი ზოგადი პარამეტრები.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 2010-2012 წლებში
აღმოჩენილი საფრთხეების რაოდენობა თითქმის 20-
ჯერ აღემატება მანამდე აღმოჩენილებს. ამ საფრთ-
ხეებიდან ყველაზე მეტი აღმოაჩნდა ავტორიტეტულ
კომპანიებს, Siemens-42-ს, Schneider Electric-30-ს,
Advantech/Broadwin-22-ს და General Electric-15-ს. ეს
განაპირობა ამ კომპანიების პროდუქციის ფართო
გამოყენებამ. ბევრმა მათგანმა თვითონ დაიწყო სა-
ფრთხეების ძებნა და აღმოფხვრა. მაგალითად,

Siemens-მა შექმნა სპეციალური ქვედანაყოფი Siemens
ProductCERT. Computer Emergency Response Team
(CERT) – კომპიუტერულ ინციდენტებზე რეაგირების
ჯგუფი – <http://www.siemens.com/corporate-technology/en/research-areas/siemens-cert-security-advisories.htm>.

ცხრილი 1

წლები დაუცველობის (საფრთხეების) რაოდენობა

2005	1
2007	3
2010	11
2011	64
2012	98
2013	158
2014	181
2012	212
2016	115
2017	197
2018	257
2019	გამოქვეყნდება 2022 წელს

ამ დაუცველობის 65% განეკუთვნება მაღალი და
საშუალო დონის რისკებს. რისკები ფასდება 10-ბა-
ლიანი სკალით და განაწილებულია შემდეგი წესით
(იხ. ცხრილი 2):

ცხრილი 2

- 0,0 < CVSS ≤ 3,9 – დაბალი დონის რისკი;
- 4,0 ≤ CVSS ≤ 6,9 – საშუალო დონის რისკი;
- 7,0 ≤ CVSS ≤ 10,0 – მაღალი დონის რისკი.

სადაც, CVSS - Common Vulnerability Scoring System –
არის დაუცველობის შეფასების საერთო სისტემა.

2018 წელს კვლავ გრძელდებოდა შეტევები ტპმას-ის მიმართულებით. ამ მიზნით გამოიყენეს Stuxnet-ის ტიპის კიბერარაღი Triton და Industroyer, რომლებიც გამიზნული იყო ტპმას-ის აპარატურაზე თავდასხმისათვის. მოხდა კიბერშეტევები Boeing - ის და Taiwan Semiconductor Manufacturing Company - ის სამრეწველო კომპანიების ობიექტებზე. მართალია, შეტევა განხორციელდა IP - ინფრასტრუქტურაზე, მაგრამ უარყოფითი შედეგი მაინც გამოიწვია ტექნოლოგიური პროცესების მართვაში (ტაივანში ქარხნის გაჩერება). IP - ინფრასტრუქტურებში შეღწევა გზას ხსნის ტექნოლოგიურ ქსელში შეღწევისათვის. კვლევებმა აჩვენა, რომ სამრეწველო ორგანიზაციების 82% მზად არ არის წინ აღუდგეს შიგა თავდასხმელებს, რომლებიც ცდილობენ კორპორატიული ქსელიდან შეაღწიონ ტექნოლოგიურში. ამ ქმედების გავრცელებული სახეა ცნობილი დაუცველობების გამოყენება. საერთოდ, 2018 წელს გამოვლინდა 257 დაუცველობა, რომელთაგან 243 გამოკვლეულია და შედეგები – გამოქვეყნებული, ხოლო 14 შესწავლის პროცესში იყო. საფრთხეების განაწილება მწარმოებლებზე ასეთია: Schneider Electric - 69, Siemens - 66, Advantech - 37, Moxa - 36 და ა.შ. მოწყობილობების წილი საფრთხეების განაწილებაში ასეთია: SCADA/HMI – 23%, სამრეწველო ქსელური მოწყობილობები – 23%, PLC/RAT – 21%, საინჟინრო (ტპმას-ის) პროგრამული უზრუნველყოფა – 18%, სხვები – 15%.

საფრთხეების ტიპობრივი განაწილება ასეთია: ჭარბი უფლებები და პრივილეგიები – 11%, შეტანის არასწორი კონტროლი – 9%, საფრთხეები მეხსიერებასთან მუშაობისას – 8%, გასვლა დანიშნული კატალოგიდან – 7%, და ა.შ. ჯამში, 64% დაუცველობისა

შეიძლება გამოყენებული იყოს დისტანციური ზემოქმედებისათვის. დაუცველობების განაწილება რისკების დონეების მიხედვით შემდეგია (CVSS ვერსია 3): მაღალი – 53%, კრიტიკული – 25%, საშუალო - 21%, დაბალი – 1%. ზოგადად, მაღალი დონის რისკები მოქმედებს კომპლექსურად, ისინი ერთდროულად არღვევენ ინფორმაციული უსაფრთხოების სამ ძირითად თვისებას – კონფიდენციალურობას, მთლიანობას და მიღწევადობას. 2018 წელს დაუცველობა იყო 58%. ამათგან, მხოლოდ 4%-ს სჭირდებოდა მაღალი კვალიფიკაცია, დანარჩენი კი ხელმისაწვდომი იყო დაბალი კვალიფიკაციის ბოტანგანმზრახველებისთვისაც კი.

საკითხის აქტუალობიდან გამომდინარე, ტპმას-ის უსაფრთხოების საკითხების დამუშავებაში აქტიურად ჩაერთვნენ როგორც კერძო კომპანიები, ისე სახელმწიფო ორგანიზაციები. პუბლიკაციებიდან ირკვევა, რომ ტპმას-ის დაპროექტების და გამოყენების მეთოდები საკმაოდ კონსერვატიულია და არ პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს. უსაფრთხოების მიმართ მოთხოვნები უნდა იყოს ჩამოყალიბებული ტექნიკურ დავალებებში, რეალიზებული – პროექტებში, განხორციელებული – რეალურ ტექნიკურ სისტემებში და დანერგილი – საექსპლუატაციო პირობებში.

აქ მოკლედ შევეხებით იმ ორგანიზაციულ და ტექნიკურ ღონისძიებებს, რომლებიც უნდა განხორციელდეს ტპმას-ის მართვის სისტემებში, რათა დაცული იყოს ტექნოლოგიური პროცესების უსაფრთხო მიმდინარეობა. იმ წყაროების ჩამონათვალი საიდანაც აღებულია აქ მოტანილი მონაცემები, მოცემულია სტატიის ბოლოს. საჭიროა, რომ:

1. პირველ რიგში, ტექნოლოგიური ქსელი მაქსიმალურად იყოს იზოლირებული ყველა დანარჩე

ნისგან. წვდომა ამ ქსელთან უნდა მოხდეს მხოლოდ დემილიტარიზებული ზონიდან.

2. ტექნოლოგიური ქსელის ყველა კვანძი დაცული იყოს შეტევებისაგან დაცვის აქტიური საშუალებებით.

3. ქსელური ეკრანები განთავსდეს ტექნოლოგიური ქსელის საზღვრებთან, გაეწყოს ისინი შორეული წვდომის მოდულებიდან შემოტევის ასარიდებლად.

4. დაცვითი სისტემები განთავსდეს კორპორატიული ქსელის საზღვარზე და მის შიგნით სპამური და ფიშინგური გზავნილების აღსაკვეთად.

5. ანტივირუსული დაცვის საშუალებები განთავსდეს გარე ქსელის საზღვრებზე.

6. აიკრძალოს ტექნოლოგიური ქსელის შიგნით გარე საფოსტო გზავნილების მიღება/გაგზავნა. აიკრძალოს არააუცილებელი საფოსტო გზავნილების მიღება კორპორატიული ქსელიდან.

7. აიკრძალოს არააუცილებელი საერთო საქალაქების გამოყენება ტექნოლოგიური ქსელის შიგნით.

8. გაუქმდეს შორეული ადმინისტრირების ყველა არააუცილებელი საშუალება ტექნოლოგიურ ქსელში.

9. გაუქმდეს შორეული ადმინისტრირების ყველა არააუცილებელი საშუალება ტექნოლოგიურ ქსელში, რომელიც მოყვება ტკმას-ის პროგრამულ უზრუნველყოფას.

10. თუ აუცილებელი არ არის, გაუქმდეს შემდეგი პროგრამები ტექნოლოგიურ ქსელში:

(ინტერნეტბრაუზერი, სოციალური ქსელის კლიენტები, საფოსტო კლიენტები, MS Office-ის პროგრამები, Adobe პროგრამები, Java Runtime, მედიასაკ-

რავები, სკრიპტული ინტერპრეტატორები - Perl, Python, PHP, არალიცენზირებული პროგრამები).

11. თუ საჭირო არ არის, გამოირთოს Windows Script Host;

12. შესაძლებლობის ფარგლებში შეიზღუდოს SeDebugPrivilege-ის გამოყენება;

13. მომზადდეს პერსონალი კიბერპოლიციის სფეროში;

14. შეიქმნას სამსახურები სამრეწველო ინფორმაციული სისტემების დასაცავად;

15. რეგულარულად ჩატარდეს ტექნოლოგიური ქსელის ინფორმაციული უსაფრთხოების სისტემის აუდიტი;

16. უზრუნველყოფილი იყოს ტექნოლოგიური ქსელის დაუცველობების დროული აღმოჩენა და ლიკვიდაცია;

17. დაინერგოს ტექნოლოგიური ქსელის კრიტიკული არეების მონიტორინგის ავტომატური და ავტომატიზებული საშუალებები;

18. დაინერგოს ტექნოლოგიურ ქსელში საფრთხეების ინციდენტების რეგისტრაციის და დამუშავების სპეციალიზებული საშუალებები;

19. ახალი ტკმას-ის დანერგვის წინ მოხდეს მისი ტესტირება ინფორმაციულ უსაფრთხოებაზე;

20. საფრთხისგან – „ადამიანი შუაში“ დაცვისათვის, ტექნოლოგიური ქსელის შიგნით და საზღვრებზე გამოყენებულ იქნეს ტრაფიკის კრიპტოგრაფიული დაშიფვრა.

21. სადაც საჭიროა, გამოყენებულ იქნეს ტრაფიკის დაშიფვრა ტექნოლოგიური ქსელის კომპონენტებს შორის;

22. ტექნოლოგიურ ქსელში პერსონალის დამუშავება მოხდეს ორფაზური აუთენტიფიკაციით;

23. და რაც უმნიშვნელოვანესია, მოხდეს ყველა დონის პროგრამული საშუალების რეგულარული განახლება.

3. ვირუსული ჭიაყელა Stuxnet-ის მიერ განხორციელებული შეტევა ირანის ატომურ სადგურზე ბუშერში

ამასწინათ, ირანის ახალი ამბების ოფიციალურმა სააგენტომ განაცხადა, ირანის ატომური ქარხნის ზოგიერთი კომპიუტერული სისტემის ინფიცირების შესახებ Stuxnet კომპლექსური ვირუსით. უფრო ადრე სპეციალისტები აცხადებდნენ, რომ ეს ზიანის მატარებელი კოდი „ჩაკირულია“ სამრეწველო ობიექტების ქვეშ და მაშინვე გამოჩნდნენ ექსპერტები, რომლებიც ამტკიცებდნენ, რომ ვირუსი ზუსტად იმისთვის არის შექმნილი, რომ მწყობრიდან გამოიყვანოს ირანის ატომური ელექტროსადგური. ამ თემაზე სპეკულაცია ხდება მრავალი მასობრივი ინფორმაციის საშუალების მხრიდანაც სერიოზული გამომცემლობიდან დაწყებული „ყვითელი“ პრესით დამთავრებული, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ჯერ კიდევ არ არის დამტკიცებული, რომ Stuxnet ჭიაყელა ვირუსი შექმნილია სპეციალურად ირანის ატომური ობიექტებისათვის.

ბუშერის ატომური ელექტროსადგურის დირექცია აცხადებს, რომ თუმცა ვირუსმა შეძლო დაეინფიცირებინა საწარმოს ზოგიერთი კომპიუტერული სისტემა, მას არ მიუყენებია არავითარი ზიანი ქარხნის მთავარი სისტემებისათვის.

ამ დროისათვის არსებობს ექსპერტთა ორი ძირითადი აზრი ამ ვირუსის შესახებ.

1. Stuxnet-ი არ არის შექმნილი მხოლოდ ირანის სამრეწველო ობიექტების დასაზიანებლად;

2. Stuxnet-ი შექმნილია არა ერთი ხაკერის, არამედ სპეციალისტების მთელი ჯგუფის მიერ, რომლებიც შესანიშნავად არიან გათვითცნობიერებულნი კერძო საკუთრებაში არსებულ სამრეწველო პროგრამულ უზრუნველყოფაში.

ეს უკანასკნელი აზრი დაფუძნებულია იმ ფაქტზე, რომ Stuxnet-ს ერთის მხრივ აქვს ძალზე რთული სტრუქტურა, რომლის გაშიფვრისათვის ჯერ კიდევ მუშაობენ ექსპერტები; მეორეს მხრივ Stuxnet კოდში არ არის ინდივიდუალური „ნიშნულები“, რომლებიც დამახასიათებელია ცალკეული პირების მიერ შექმნილი პრაქტიკულად ნებისმიერი პროგრამული უზრუნველყოფისათვის. ზოგადად კი, ალბათობა იმისა, რომ Stuxnet-ი შექმნილია ერთი რომელიმე ჰაკერის მიერ, უახლოვდება ნულს.

იგივე ექსპერტები თვლიან, რომ ისეთი ვირუსის გამოჩენით, როგორც Stuxnet-ია, მსოფლიოში გაჩნდა ნამდვილად სერიოზული კიბერარაღი, რომელიც რაიმე საკრედიტო ბარათების ნომრებს კი არ იპარავს, არამედ შეუძლია გამოიწვიოს სერიოზული ავარია მეტად სასშიმ სამრეწველო ობიექტზე. საფრთხის ასეთი ტიპი, იმავე ექსპერტების აზრით არის აბსოლუტურად ახალი და აქედან გამომდინარე, მრავალმა ექსპერტმა დაიწყო პირდაპირი მნიშვნელობით წარმოებების დაშინება იმ მიზნით, რომ მათ დაიწყონ უსაფრთხოების სერიოზული ზომების გატარება.

Stuxnet-მა რუსი სპეციალისტების ყურადღებაც მიიპყრო. ისინი თვლიან, რომ ბოროტმოქმედები შეეცადნენ პროგრამა იმგვარად დაემუშავებინათ, რომ მას მიეცია რაც შეიძლება ნაკლები ყურადღება. Win32/Stuxnet-ის დაინფიცირების მეთოდიც კი უნიკალურია, ვინაიდან პროგრამული უზრუნველ-

ყოფა იყენებს ადრე უცნობ დაუცველობას. გარდა ამისა, „იმის შესაძლებლობა, რომ ვირუსის შეღწევა პერსონალურ კომპიუტერში შესაძლებელია USB დამგროვებლების გზითაც, ქმნის ამ ვირუსის ფართოდ გავრცელების წინაპირობას“. ასეთი კომენტარი გაკეთდა ვირუსული კვლევების და ანალიტიკის ცენტრის – Eset-ის წარმომადგენლობაში. ისინი თვლიან რომ Stuxnet-ის ორიენტაცია მაინცდამაინც ირანის ატომურ ობიექტებზე შეიძლება სრულიად უსაფუძვლო აღმოჩნდეს, რადგან ამ ვირუსმა ჯერჯერობით ყველაზე დიდი გავრცელება ამერიკის შეერთებულ შტატებში პოვა, შემდეგ კი – ირანში. რუსეთი ჯერჯერობით მესამე ადგილზეა ამ ვირუსის გავრცელების თვალსაზრისით.

ამ ფაქტის შესახებ არსებობს სხვა მოსაზრებაც. მაგალითად, გერმანელმა სპეციალისტმა ინფორმაციულ უსაფრთხოებაში რაღფ ლენგრენმა დეტალურად შეისწავლა ეს ვირუსი და არაერთი ანალიზის შემდეგ დაასკვნა, რომ ამ ჭიკაყელას შექმნის უკან შეიძლება მთელი სახელმწიფოც კი იდგეს და არა რომელიმე ხაკერ-სტუდენტი ან სტუდენტთა ჯგუფი. ლენგრენმა წარმოების ინფორმაციული ტექნოლოგიების უსაფრთხოების ერთ-ერთ კონფერენციაზე დამამტკიცებელ საბუთად მოიყვანა ვირუსის კოდის მონაკვეთების დეტალური ანალიზი და გამოაქვეყნა თავის საიტზე. ძირითადი დასკვნა ასეთია: „Stuxnet-ი არის 100%-ით დამიზნებადი შეტევის იარაღი, რომელიც მიმართულია ჩვეულებრივი სამრეწველო პროცესების დარღვევაზე რეალურ და არა ვირტუალურ სამყაროში“. შესაბამისად, უსაფრთხოების ექსპერტები Stuxnet-ს უწოდებენ პირველ ვირტუალურ სუპერიარაღს, რომელიც შექმნილია რეალური ობიექტების გასანადგურებლად.

ამერიკის სამი უდიდესი სპეციალისტი ინფორმაციულ ტექნოლოგიებში, მათ შორის მაიკლ ასანტეც, ეთანხმება ლენგრენის თეორიას, მაგრამ საგანგებოდ აღნიშნავენ, რომ ვირუსის კოდი ჯერ კიდევ არასაკმარისად არის შესწავლილი, იგი განსაკუთრებით რთულია და მუშაობა მის შესასწავლად გაგრძელდება.

საინტერესოა ისიც, რომ არაერთი სპეციალისტი მივიდა იმ აზრამდე, რომ უსაფრთხოების თვალსაზრისით ირანის ატომური ქარხანა Bushehr-ი არის მთავარი სამიზნე ამ ვირუსისათვის, მაგრამ არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ეს ვირუსი აღმოჩენილია მთელ მსოფლიოში და არა მხოლოდ ირანში. ვირუსული გამოკვლევებისა და ანალიტიკის Eset-ის ცენტრის ხელმძღვანელობამ წარმოადგინა ამ ვირუსის გავრცელების სტატისტიკა, რომლის თანახმადაც იგი გავრცელებულია შემდეგნაირად:

- ირანი – 52,2%
- ინდონეზია – 17,4%
- ინდოეთი – 11,3%

იგივე წარმომადგენლობა აღნიშნავს, რომ ბუმერი შეძლება იყოს ამ ვირუსის ერთ-ერთი სამიზნე, მაგრამ არაფერი მიუთითებს იმაზე, რომ ეს სამიზნე ამ ვირუსისათვის იყოს ძირითადი. მაგალითად, გერმანიაშიც კი იყო დაფიქსირებული ამ ვირუსის მიერ რამდენიმე ატომური ელექტროსადგურის დაინფიცირება.

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ Stuxnet ვირუსი გათვალისწინებულია პირველ რიგში Siemens-ის პროგრამული უზრუნველყოფის მქონე პერსონალური კომპიუტერებისთვის, რომლებიც ჩვეულებრივ გამოიყენება წარმოების პროცესების მართვის

სხვადასხვა სამრეწველო სისტემაში, კონკრეტულად, არა იმდენად მცირე, არამედ საკმაოდ რთულ და სახიფათო საწარმოებში, მაგალითად, თვით ატომურ ქარხნებში. პერსონალურ კომპიუტერებში შეღწევისათვის Stuxnet-ი იყენებს OS Windows-ის სამ დაუცველობას, რომელთაგან დღეისათვის გადაკეტილია მხოლოდ ერთი. Stuxnet კოდი შეიცავს ისეთ მონაკვეთს, რომლებიც თეორიულად აძლევს შესაძლებლობას ბოროტმოქმედს მიიღოს წვდომა პროცესების მართვის სისტემებთან. აქედან გამომდინარე, Stuxnet-ს შეუძლია შეტევა განახორციელოს წარმოების მართვის კომპონენტებზე, ანუ SCADA სისტემაზე, რაც გამოიყენება ქიმიურ, ნავთობქიმიურ, ატომურ მსხვილ და უმსხვილეს საწარმოებში.

4. SCADA – შეტევის ობიექტი: ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემების დაცულობის ანალიზი

Stuxnet ვირუსის აღმოჩენამ ბუშერში, ატომურ ობიექტებზე, დიდი ხმაური გამოიწვია. დაისვა კითხვა – „ვინ დგას ყოველივე ამის უკან?“ – ამ კითხვაზე ალბათ არ გაეცემა პასუხი რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში. კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურის ობიექტებია დღეისათვის მრავალათვის დიდი ინტერესის საგანი: კონკურენტი კორპორაციებიდან დაწყებული, მტრულად განწყობილი სახელმწიფოების სპეცსამსახურებით დამთავრებული.

კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურები გულმოდგინედ დაცული ობიექტებია, ამიტომ მათ ტერიტორიაზე შესვლა და რაიმეს შეტანა უკიდურესად გართულებულია. აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს შორიდან

შეტევის შესაძლებლობა. დღეისათვის ყოველი სახელმწიფო ადგენს ყველაზე დასაცავი ობიექტების სიას. მიუხედავად იმისა, რომ ეს სია სახელმწიფო საიდუმლოებაა, მაინც აბსოლუტურად ნათელია მათი შემადგენლობა: ელექტროენერგეტიკის ობიექტები, ბირთვული და ატომური დარგები, გაზისა და ნავთობის ტრანსპორტირების საშუალებები, ნავთობქიმიური საწარმოები, სტრატეგიული სამხედრო ობიექტები. რა თქმა უნდა, ამ ობიექტების დიდი ნაწილი ავტომატიზებულია ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით, რაც კომპლექსურად წარმოადგენს ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებულ სისტემებს (**ტპმას**).

ტიპური **ტპმას**-ის შემადგენლობაში შედის სამი ძირითადი კომპონენტი: დისპეტჩერიზაციის სისტემა (SCADA) (ფიგ. 6), ტელემეტრიული ქვესისტემა და კომუნიკაციის ინფრასტრუქტურა მონაცემთა გადაცემის სამრეწველო პროტოკოლების გამოყენებით. ხშირად საზღვარგარეთ ტერმინი **ტპმას**-ი გამოტოვებულია და ლაპარაკობენ მხოლოდ SCADA სისტემებზე, თუმცა მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს, რომ მხოლოდ დისპეტჩერიზაციას არ შეუძლია ინტერაქტიულად მართოს მთელი სისტემური პროცესები.

როგორი ინსტრუმენტები დაგჭირდება **ტპმას**-ის უსაფრთხოების ანალიზისთვის, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ საქმე გვაქვს ტექნოლოგიური პროცესების დისპეტჩერიზაციისა და მართვის სისტემებთან? აქ გასათვალისწინებელია, რომ 60% ცნობილი **ტპმას**-ისა იყენებს ტრადიციულ Windows, Linux პლატფორმებს.

აუცილებლობის შემთხვევაში გამოიყენება რეალური დროის პლატფორმები, ისეთი როგორც QNX, რომლებიც იძლევა ამა თუ იმ ოპერაციის მო-

ცემული დროის ინტერვალში შესრულების გარანტიას, თუმცა ეს სისტემები უფრო მეტად გამოიყენება სამხედრო დანიშნულების ობიექტებში (საბორტო მართვა).

დღეისათვის არსებობს არცთუ ისე ბევრი ვიწრო-სპეციალიზებული პროგრამული საშუალება ტპმას/ SCADA -ს უსაფრთხოების ანალიზისთვის:



ფიგ. 6. დისპეტჩერიზაციის SCADA სისტემა ბუშერის აეს-ში

- პერსონალური კომპიუტერი „SCADA -აუდიტორი“ ტექნოლოგიური ქსელების, ტპმას/ SCADA-ს დაცულობის ანალიზის სკანერი;
- Teenable Nessus-ი, რომელიც შეიცავს SCADA სისტემის და კომერციული პროგრამული ლოგიკური კონტროლერების მწკრივის შემოწმების რამდენიმე მოდულს;
- Rapid7 Metasploit Project (აქ უკვე ყველაზე მწირი მდგომარეობაა: განყოფილებაში „exploits/scada/“ სულ რამდენიმე წყვილი ვიწრო მიმართულების უტილიტაა).
ბუნებრივია, რომ ამ სპეციალიზებული პროგრამული უზრუნველყოფის გარდა გამოიყენება ტრადიციული ინსტრუმენტები, მაგ. ქსელური nmap სკანერი. ამასწინათ მასში აგრეთვე შეიტანეს პლაგინი, რომელსაც შეუძლია აღმოაჩინოს Stuxnet-ით დაინფიცირებული კვანძი.

5. როგორ აღმოვაჩინოთ Stuxnet-ით დაინფიცირებული კვანძი

NMAP-ის (Network Mapper) ახალ ვერსიაში შეტანილია საინტერესო პლაგინი, რომელიც დაწერილია NMAP Scripting Engine დაპროგრამების ენაზე LUA. მისი სახელია – „stuxnet-detect“.

- ამ პროდუქტით რომელიმე კვანძის გამოკვლევა – იმის შესახებ, არის თუ არა მასში ვირუსი stuxnet SMB - სესიის გავლით, ძალზე მარტივია: Nmap -script stuxnet-detect -p 445 <host>.

გარდა ამისა, დაზიანებული კვანძის აღმოჩენისთვის შეიძლება სკანერის გამოყენება, რომელიც შექმნეს Trend Micro კომპანიის სპეციალისტებმა. როგორ მუშაობს ეს სკანერი და ზოგადად, როგორ მუშაობს stuxnet-ი? Stuxnet-ი არეგისტრირებს თავის RPC სერვერს შიგა და გარე ურთიერთქმედებისათვის, დაზიანებულ კვანძებთან ცალკე კვანძის სახით. RPC სერვერის ფუნქციონალი აწყობილია ჭიაყელას

ვერსიისა და, აგრეთვე, განახლების ფუნქციის შემოწმებაზე (ახალი ეგზემპლარების ჩატვირთვა). შესაბამისი RPC გამოძახებები შესაძლებელია შესრულდეს ამ „სამრეწველო“ ბაგნეტის მართვის ცენტრიდან. ცენტრი გამოსცემს ბრძანებას ვერსიის (0x00) შემოწმების შესახებ. წინასწარ მოწმდება SMB-over_TCP (TCP 445) სამსახურთან ხელმისაწვდომობა, რის შემდეგაც ხდება სივიწროვითა გამოკვლევა, რაც ჩადებულია Stuxnet-ის ამ ვერსიაში (მაგალითად, MS10-061). მე-2 მეთოდია „ჩაყვინთული“ ბოროტმოქმედი Stuxnet-ის კოდის მოძებნა ამოცანათა დამგეგმვაში. ამ მეთოდიკის საფუძველზე მუშაობს Trend Micro სკანერი.

დასკვნა

ოპერატორის სადგურის დაინფიცირება ვირუსით ნაკლებად ალბათურია, მაგრამ თუ მაინც მოხდა, არავითარ ზიანს ეს მოვლენა არ გამოიწვევს. რა თქმა უნდა, არსებობს შემთხვევები, როდესაც ოპერატორები გვერდს უვლიან აკრძალვებს და აყენებენ თავის სადგურებზე კომპიუტერულ თამაშებს ან გადიან ინტერნეტსივრცეში, მაგრამ ამის აღკვეთა სწრაფად ხდება სხვადასხვა ადმინისტრაციული მეთოდის გამოყენებით.

თუ დავუშვებთ, რომ არსებობს სპეციალიზებული ვირუსი, რომელმაც იცის მთელი სისტემის ფუნქციონირების თავისებურებანი და შეუძლია ჰიპოთეტურად მართოს ტექნოლოგიური პროცესი, რამაც შეიძლება ნეგატიური შედეგები გამოიწვიოს,

ამ შემთხვევაშიც კი, ანუ ავარიული სიტუაციის წარმოშობის შემთხვევაში, ამუშავდება ასად სისტემა (რომელიც არ იმართება ოპერატორის სადგურიდან) და გადაიყვანს წარმოებას უსაფრთხო მდგომარეობაში. რა თქმა უნდა, ამან შეიძლება გამოიწვიოს წარმოებისათვის მილიონობით ზარალი (წარმოების გაჩერება), მაგრამ ნებისმიერ შემთხვევაში არ მოხდება ტექნოგენური კატასტროფა.

თუ ვილაპარაკებთ საინჟინრო სადგურ ასად-ის ვირუსით დაინფიცირებაზე, მაშინ ეს უნდა იყოს სუპერინტელექტუალური ვირუსი, რომელიც თვითონ გადააპროგრამებს პლკ-ს, თანაც ისეთნაირად, რომ ის მწყობრიდან საჭირო დროს გამოვიდეს, რა თქმა უნდა, ეს არ არის ყველა ის ფაქტორი რომელიც გადააქცევს საინჟინრო სადგურ ასად-ის დაინფიცირებას ნაკლებად ალბათურ ხდომილებად, მაგრამ ამ ღონისძიებებს შეიძლება დაემატოს რამდენიმე მოქმედება, მაგალითად პლკ-ებში ჩატვირთული პროგრამების და პაროლის გამუდმებულად შემოწმება. თანამედროვე ტჰმას-ას, რა თქმა უნდა, საფრთხეს უქმნის ვირუსები და სხვა მაღალტექნოლოგიური პრობლემები, როგორცაა: ოპერატორის სადგურის გადასვლა ბანალურ BSOD-ში, მაგრამ ისინი არ არის ისეთი კრიტიკული, როგორც ბევრს ჰგონია. უნდა გვახსოვდეს, რომ სისტემის უსაფრთხოებას თვალს ადევნებს ასად სისტემები, რომლის კონფიგურირებასაც უდგებიან მთელი სერიოზულობითა და სიფრთხილით.

ლიტერატურა

1. Journal Hacker. (2011, July 8). *SCADA at Gunpoint: Security Analysis of an Automated Process Control System*. Habr.Com. <https://habr.com/ru/company/xakep/blog/123672/>

2. Stuxnet таки добрался до иранского ядерного завода в Бушере/26 сентября 2010
 3. Agadzhanov, M. (2010, September 26). *Stuxnet Reached to Iranian Nuclear Plant in Bushehr*. Habr.Com. <https://habr.com/ru/post/104973/>
 4. *Modern Automated Process Control System*. (2010, October 4). Habr.Com. <https://habr.com/ru/post/105375/>
-

UDC 681.3.06

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-46-61>

Analysis of the Security of Modern Automated Technological Processes Control Systems: Attack on a SCADA Object

Jemal Grigalashvili	Department of Control Systems, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: j.grigalishvili@gtu.ge
Zaur Jojua	Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: jojuazauri@yahoo.com
Nino Jojua	Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str. E-mail: jojua_nina@gmail.com

Reviewers:

- K. Kotrikadze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: ketino27@gmail.com
- K. Odisharia**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: o_korneli@yahoo.com

Abstract. (.....) Modern automated technology process control systems and the chances of attacks on them are examined in this article. It studies worm virus, Stuxnet, and its detection at the Bushehr Nuclear Power Plant. It also analyzes ways of carrying out attacks on critically important objects, and provides analytical tools for the security of technological process systems. The ways for discovering nodes compromised by the Stuxnet virus are proposed. The article considers technological network of typical topology and its typical vulnerabilities; it analyzes the Modbus protocol, the routing system, and passwords on Cisco routers.

Keywords: Bushehr Nuclear Power Plant; Cisco router; Modbus protocol; passwords; routing system; SCADA; Stuxnet virus; the security of modern automated technology process control systems.

UDC 681.3.06

SCOPUS CODE 1802

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-46-61

Анализ безопасности современных автоматизированных систем управления технологическими процессами: атака на объект SCADA

Джемал Григалашвили	Департамент систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77 E-mail: j.grigalishvili@gtu.ge
Заур Джоджуа	Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77 E-mail: jojuazauri@yahoo.com
Нино Джоджуа	Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77 E-mail: jojua_nina@gmail.com

Рецензенты:

К. Котрикадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: ketino27@gmail.com

К. Одишария, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: o_korneli@yahoo.com

Аннотация. (.....) В статье рассматриваются современные автоматизированные технологические системы управления процессом и вероятность кибератак на них. Изучается вирус Stuxnet и его обнаружение на Бушерской атомной электростанции. Также анализируются способы совершения нападений на критически важные объекты и предоставляются аналитические инструменты для обеспечения безопасности систем технологических процессов. Предложены способы обнаружения узлов, скомпрометированных вирусом Stuxnet. Более того, в статье рассматривается технологическая сеть типичной топологии и ее типичные уязвимости; анализируется протокол Modbus, система маршрутизации и пароли на маршрутизаторах Cisco.

Ключевые слова: АЕС «Бушер»; безопасность современных автоматизированных систем управления технологическими процессами; вирус Stuxnet; маршрутизатор Cisco; протокол Modbus; пароли; система маршрутизации; SCADA.

განხილვის თარიღი 04.06.2021

შემოსვლის თარიღი 21.06.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-62-70>

ნაბელღავის მინერალური წყლების საბადოზე ჰიდროგეოლოგიური ხასიათის სამუშაოების მიმოხილვა და საბადოს ბუნებრივი რესურსების უზრუნველყოფა ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე

აკაკი მაღლაკელიძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, ძ. კოსტავას 75
E-mail: akakimaglakelidze777@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. მარდაშოვა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ა. ავთანდილე, შპს “გამა კონსალტინგი”, გეოლოგიის აკადემიური დოქტორი, ჰიდროგეოლოგიური
განყოფილების ხელმძღვანელი, მთავარი ჰიდროგეოლოგი

E-mail: avtandil51@mail.ru

ანოტაცია. მინერალური წყლები, სახელმწიფო მნიშვნელობის რესურსია. მათი რაციონალური ათვისება და დაცვა შესაძლებელია მდგრადი და ეფექტური მართვის საშუალებით. ჩვენი შესწავლის საგანია, საკმაოდ რთულ გეოლოგიურ-სტრუქტურულ, ჰიდროგეოლოგიურ და გეოქიმიურ პირობებში ფორმირებული ნაბელღავის მინერალური წყლების საბადო.

ნაშრომში მიმოხილულია ნაბელღავის მინერალური ნახშირმჟავა წყლების საბადოზე ჩატარებული ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები. ჰიდროგეოლოგიური და მეტეოროლოგიური მონაცემების მიხედვით, ჩვენ მიერ გამოთვლილია ბუნებრივი რესურსების ატმოსფერული ნალექებით უზრუნველყოფის კოეფიციენტი. ასევე, დახასიათებულია საბადოს

საექსპლუატაციო ჭაბურღილების გეოლოგიურ-ტექნიკური მდგომარეობა.

ნაბელღავის მინერალური წყლების საბადოს ბუნებრივი რესურსების ატმოსფერული ნალექებით უზრუნველყოფის კოეფიციენტი, გამოთვლილია დარსის მეთოდით, რომელიც 1986 წ. საფონდო მონაცემების თანახმად შეადგენს 25 307 მ³/დღ.-დ, 2000–2020 წწ. მონაცემებით კი – 28 125 მ³/დღ.-დ. წარმოდგენილი მნიშვნელობების პირობითად აღებული საშუალო მაჩვენებელია 26 715 მ³/დღ.-დ, რაც საბადოს ამჟამად დამტკიცებული საექსპლუატაციო მარაგების რაოდენობას (296 მ³/დღ.-დ) 90-ჯერ აღემატება.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი რესურსი; დებიტი; მინერალური წყალი; ჭაბურღილი; ნაბელღავი.

შესავალი

ნაბელავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლების საბადო მდებარეობს მდ. გუბაზეულის დინების შუა ნაწილში. მის ფარგლებში გავრცელებულია შუა ეოცენის ასაკის ჭიდილის წყების უხეშშრებრივი ტუფოგენური ნალექები, რომლებიც გადაფარულია მეოთხეული ასაკის ალუვიური და დელუვიურ-პროლუვიური წარმონაქმნებით [1].

საბადოს რაიონის ბუნებრივი პირობები, გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ტექტონიკური და ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებები ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული წყლების ინფილტრაციისთვის ხელსაყრელ გარემოს ქმნის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მინერალური და მტკნარი მიწისქვეშა წყლები [2].

ძირითადი ნაწილი

ნაბელავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლების საბადოზე, კვლევები 1937 წელს დაიწყო. მინერალური წყალი პირველად 1938 წელს იქნა მიღებული №1 წყაროდან, რომლის კაპტაჟის სიღრმე 1,9 მეტრს შეადგენდა. კაპტაჟი მდინარე გუბაზეულის ნაპირიდან 8–10 მეტრში მდებარეობდა, წყლის დონე 0,1–0,7 მეტრ დიაპაზონში მერყეობდა და ძირითადად დამოკიდებული იყო მდინარე გუბაზეულის წყლის დონესა და ატმოსფერულ ნალექებზე. 1938 – 1946 წლებში დაიწყო წყლის საცდელი ამოღება 2,6 - 3 მ³/დღ.-დ ოდენობით. წყლის ქიმიური ტიპი ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-ნატრიუმიანი იყო. საწყის ეტაპზე წყლის მინერალიზაცია 3.6 გ/ლ-მდე, ხოლო 1948–1970 წწ. – 1 გ/ლ-მდე შემცირდა. 1971 წელს მდინარე გუბაზეულის ადიდების შედეგად წყარო დაიტბორა,

მწყობრიდან გამოვიდა და ფუნქციონირება შეწყვიტა.

1974 წელს წყარო აღადგინეს, გაიყვანეს ჭაბურღილი №29, რომლის სიღრმე 9 მ-ს, წყლის დონე 1,8 მ-ს, ხოლო დებიტი 2,5–7,0 მ³/დღ.-დ-ს შეადგენდა. წყალი ნახშირმჟავა, ჰიდროკარბონატული, კალციუმიან-ნატრიუმიანი შემადგენლობის იყო, მინერალიზაცია იყო 2,7–3,7 გ/ლ. ჭაბურღილში აღინიშნა წყლის დონის სტაბილურობა – არ იცვლებოდა მდინარე გუბაზეულის წყლის დონისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ცვალებადობის შესაბამისად. თუ №1 წყაროს წყლის ტემპერატურა სეზონურად 5°C-დან 22°C-მდე მერყეობდა, №29 ჭაბურღილში მისი მაჩვენებელი იყო სტაბილური და ფიქსირდებოდა 10,2–12,2°C-ის ფარგლებში.

1973–1985 წწ. საბადოზე ჰიდროგეოლოგიური (სამიეზო) სამუშაოების ჩატარებისას, გაიბურღა 66 ჭაბურღილი. ჭაბურღილების უმეტესობა (მაგ. №57 ჭაბურღილი) ამავე პერიოდში გაუქმდა. ჭაბურღილების სიღრმეები 5–1231 მ დიაპაზონში მერყეობდა. 10 მეტრამდე გაყვანილი იყო 15 ჭაბურღილი, 50 მ-მდე – 28 ჭაბურღილი, 100 მ-მდე – 6, 200 მ-მდე – 4, 500 მ-მდე – 4, 1000 მ-მდე – 8, ხოლო 1000 მეტრზე მეტი სიღრმის ერთი ჭაბურღილი (№44) [3].

აღსანიშნავია, რომ დროთა განმავლობაში იცვლებოდა და ვითარდებოდა საბადოს საექსპლუატაციო ინფრასტრუქტურა, სამიეზო-საექსპლუატაციო ჭაბურღილების ლიკვიდაციის და ადგილმონაცვლე ჭაბურღილების გაყვანისას, ჰიდროგეოლოგიური პირობების გათვალისწინებასთან ერთად, მნიშვნელობა ენიჭებოდა ჭაბურღილის ტექნიკურ მდგომარეობას, სტიქიურ მოვლენებს, ჭა-

ბურღილებში არაკონდიციური წყლების შემოდინების რისკებს და სხვ.

ნაბელავის მინერალური წყლების საბადოს მარაგები პირველად დამტკიცდა 1986 წელს (საექსპლუატაციო ჭაბურღილები №№1/29, 2, 47, 66ა, 44) ჯამური რაოდენობით 249,5 მ³/დღ.-ლ, მათ შორის „Б“ კატეგორიით 110,5 მ³/დღ.-ლ, C₁ კატეგორიით – 39 მ³/დღ.-ლ, ხოლო C₂ 100 მ³/დღ.-ლ მსკ-ს ოქმი 10172, 1987 წ.) [3]; შემდგომ პერიოდში მარაგები გადაფასდა, კერძოდ 2009 წელს დამტკიცებული მარაგების (საექსპლუატაციო ჭაბურღილები №№2კ, 17, 44, 47, 66ა) ჯამური რაოდენობა იყო 213,1 მ³/დღ.-ლ, მათ შორის „Б“ კატეგორიის 173,7 მ³/დღ.-ლ, C₁ კატეგორიის –

39,4 მ³/დღ.-ლ (მსკ ოქმი №20, 28.XII, 2009 წ. თბილისი) [1]; 2016 წელს მარაგები დამტკიცდა (საექსპლუატაციო ჭაბურღილები (№№2კ, 17ა, 66ა, 67) ჯამური რაოდენობა 296 მ³/დღ.-ლ, მათ შორის B კატეგორიის 173,7 მ³/დღ.-ლ, C₁ კატეგორიის - 122.3 მ³/დღ.-ლ (მსკ ოქმი №20, 28.XII, 2016 წ. თბილისი) [2].



ამჟამად საბადოზე მოქმედი საექსპლუატაციო ჭაბურღილებია №№2კ, 17ა, 66ა და 67; ხოლო №№44 და 47 ჭაბურღილები გამოიყენება სადამკვირვებლოდ. ჭაბურღილების განლაგება მოცემულია პირველ სურათზე, ხოლო დახასიათება – პირველ ცხრილში.



სურ. 1. ჭაბურღილების განლაგების სქემა GoogleEarth

ცხრილი 1

ნაბეღლავის მინერალური წყლის საბადოს საექსპლუატაციო კაბურღილების მონაცემები

კაბურღლის № /გაბურღვის წელი	მდებარეობა/ UTM კოორდინატები	სიღრმე, მ	ქანების დახასიათება და ბეზდობიერი ინდექსი	T°C	ღებიტი მგ/დლ-ღ (სა.მ)	ფოტომასაღა
№2კ 1988 წ.	ნაბეღლავის ტერიტორიაზე არსებული სკვერში, მდ. გუბახეულის მარცხენა ნაპირზე. UTM 38T, 281926, 4645541	180	0-20 მ ინტერვალში გადაკვეთილია მეოთხეული ასაკის ალუვიურ- დედუფური წარმონაქმნები (აღმ- ივ), ხოლო 20-180 მ ინტერვალში - შუა ეოცენის რქატყუარაინი ბაზალტები და ტუფობრექჩიები (P2 ²).	12-15	65.2	
№17ა 2014 წ.	მდ. გუბახეულის მარცხენა ნაპირზე UTM 38T, 282027, 4645448,	85	0-20 მ ინტერვალში კაბურღლით გადაკვეთილია მეოთხეული ასაკის ალუვიურ-კროლოფური წარმონაქმნები (აღმ-ივ), ხოლო 20-85 მ ინტერვალში - შუა ეოცენის რქატყუარაინი ბაზალტები და ტუფობრექჩიები (P2 ²).	5-18	35	

გაგრძელება

	76.8	15-16	<p>0-30 მ ინტერვალში ჭაბურღილით გადაკვეთილია მეოთხეული ასაკის ალუვიურ-პროლუვიური წარმონაქმები (აQ_{IV-V}), ხოლო 30-220 მ ინტერვალში - შუა ეოცენის რქბატყურაინი ბაზალტები, ტუფობრეკები და ტუფები. წყალშემცველია შუა ეოცენის ტუფობრეკები (P2).</p>	220	<p>მდ. ტუბაზეულის მარჯვენა ნაპირზე, ჭალაში. UTM 38T, 282291, 4645402,</p>	<p>№66ა 1985 წ.</p>
	78.7	12-18	<p>0-12 მ ინტერვალში ჭაბურღილით გადაკვეთილია მეოთხეული ასაკის ალუვიურ-პროლუვიური წარმონაქმები (აQ_{IV-V}); 12-35 მ ინტერვალში - შუა ეოცენის ბამოფიტული ტუფები, ტუფობრეკები და ბაზალტები, ხოლო 35-182 მ ინტერვალში - შუა ეოცენის ტუფობრეკები. წყალშემცველია შუა ეოცენის ტუფობრეკები და ბაზალტები (P2).</p>	182	<p>მდ. ტუბაზეულის მარცხენა ნაპირზე, კურორტის აღმოსავლეთ ნაწილში. UTM 38T, 282738, 4644959</p>	<p>№67 2013 წ.</p>

ნაბელღავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლების საბადოს კვებაში ერთ-ერთ ძირითად როლს ატმოსფერული ნალექები ასრულებს. ატმოსფერული ნალექებით მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი კვების განსაზღვრისათვის გამოყენებულია დარსის კანონი, რომლის საფუძველზე მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსების გამოთვლა ხდება ფორმულით [4]:

$$Q = i * F,$$

სადაც

Q არის მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსი (მ³/დღ.-დ); i – ინფილტრაციული კვება (მ/დღ.-დ); F – კვების არეალის ფართობი (მ²).

გამოთვლილია მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები, როგორც გასული საუკუნის მონაცემებით, ისე თანამედროვე მდგომარეობით.

ნაბელღავის მინერალური წყლის საბადოს კვების არის ფართობი შეადგენს 21.21 კმ²=21210000 მ²-ს.

გასული საუკუნის საფონდო და ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ტერიტორიაზე მოსული ნალექების რაოდენობა არის 1 585 მმ/წ., ხოლო აორთქლების მოცულობა – 714 მმ/წ. [3, 5]. სხვაობა შეადგენს 871 მმ/წ. ამ სიდიდის 50% (435,5 მმ/წ.) ზედაპირული ჩამონადენია, ხოლო დანარჩენი – მიწისქვეშა ინფილტრაციაზე. შესაბამისად, ვლებულობთ – i=435,5 მმ/წ.=0,4355 მ/წ.=0,001193151 მ/დღ.-დ. კვების ფართობი (F) არის 21,21 კმ² =21 210 000 მ²-ს. აღნიშნული სიდიდეების შეტანით ვლებულობთ:

$$Q = 0,001193151 * 21\ 210\ 000 = 25\ 306,73\ \text{მ}^3/\text{დღ.-დ} = 292,9\ \text{ლ/წმ}$$

ჩატარებული გაანგარიშების თანახმად, მიწისქვეშა წყლების შევსებაზე მოდის 9 236 957 მ³/წ. (25 307 მ³/დღ.-დ).

თანამედროვე მონაცემებით, საბადოს კვების არეში მოსული ნალექების რაოდენობა საშუალოდ არის 1 680 მმ/წ., ხოლო აორთქლების მოცულობა – 712 მმ/წ, სხვაობა შეადგენს 968 მმ/წ., საიდანაც 50% (484 მმ/წ) ზედაპირული ჩამონადენია, ხოლო დანარჩენი – მიწისქვეშა ინფილტრაციაზე. შესაბამისად ვლებულობთ: i = 484 მმ/წ.=0,484 მ/წ.=0,001326027 მ/დღ.-დ. კვების არის ფართობი (F) შეადგენს 21,21 კმ² =21 210 000 მ²-ს [6]. ფორმულაში აღნიშნული სიდიდეების შეტანით ვლებულობთ:

$$Q = 0,001326027 * 21\ 210\ 000 = 28\ 125,03\ \text{მ}^3/\text{დღ.-დ} = 325.5\ \text{ლ/წმ}$$

შესაბამისად, მიწისქვეშა წყლების შევსებაზე მოდის 10 265 635 მ³/წ. (28 125 მ³/დღ.-დ).

როგორც მიღებული მონაცემებით ჩანს, ნაბელღავის მინერალური წყლის კვების არეში, მიწისქვეშა წყლის ბუნებრივი რესურსების მაჩვენებელი, გასულ საუკუნეში და თანამედროვე პირობებში უმნიშვნელოდ იცვლება. საშუალოდ შეადგენს 26 715 მ³/დღ.-დ, რაც საბადოსათვის ამჟამად დამტკიცებული მარაგების რაოდენობას (296 მ³/დღ.-დ) 90-ჯერ აღემატება.

დასკვნა

- ნაშრომში განხილულია ნაბელღავის მინერალური წყლების საბადოზე ადრე ჩატარებული ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები და მიღებული შედეგები;
- დახასიათებულია საბადოზე ამჟამად მოქმედი საექსპლუატაციო ჭაბურღილები (ადგილმდებარეობა).

ბა, სიღრმეები, წყალშემცველი ქანები და გეოლო-
გიური ასაკი, წყლის დებიტი და ტემპერატურა);
• დარსის კანონით გამოთვლილია გასული საუ-
კუნის და თანამედროვე მდგომარეობით მიწის-
ქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსების უზრუნ-
ველყოფა ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე;

• ნაბეღლავის მინერალური წყლების კვების
არეში, მიწისქვეშა წყლის ბუნებრივი რესურსები
საშუალოდ შეადგენს 26 715 მ³/დღ.-ლ, რაც სა-
ბადოსათვის ამჟამად დამტკიცებული მარაგების
(296 მ³/დღ.-ლ) რაოდენობას 90-ჯერ აღემატება.

ლიტერატურა

1. Gabechava, J., Lominadze, I., Tsirghiladze, N., Gogotishvili, L., Davlianidze, H., Tsulukidze, I., Khargelia, R. (2009). *Report on the recalculation of carbon dioxide reserves in the Nabeghlavi field as.* (Book I). Georgia, Tbilisi. (In Georgian);
2. Gabechava, J., Tsirghiladze, N., Davlianidze, H., Lebanidze, B. (2015). *Hydrogeological report on the recalculation of exploitation reserves of Nabeghlavi carbonic mineral water deposit.* (In Georgian);
3. Chichua, T., Tsulukidze, I., Davlianidze, H., Sitnikova, L. (1986). *Exploitation reserves of Nabeghlavi mineral water deposit.* Georgia, Tbilisi. (In Russian);
4. Klimentov, P. (1985). *Dynamics Groundwater.* Armenia, Yerevan. (In Russian);
5. *Construction Climatology, PN 01.05-08.* (2008). Order of the Minister of Economic Development of Georgia. Georgia, Tbilisi. (In Georgian).
6. *Data of Chokhatauri district meteorological checkpoint.* (2001-2020). Observation period data. (In Georgian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-62-70>

An Overview of Hydrogeological Works at Nabeghlavi Mineral Water Deposit and Replenishment of the Natural Resources of the Deposit by Atmospheric Precipitation

Akaki Maghlakelidze Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi,
75 M. Kostava str.
E-mail: akakimaghlakelidze777@gmail.com

Reviewers:

M. Mardashova, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

A. Jghamadze, Doctor of Geology, Chief Hydrogeologist and Head of Hydrogeology Department at “Gamma Consulting” Ltd

E-mail: avtandil51@mail.ru

Abstract. Mineral waters are very important resources of the country. Their moderate consumption and protection is possible through sustainable and efficient management.

The paper presents an overview of hydrogeological works carried out on the Nabeghlavi carbonic mineral water deposit. Information on calculation of the natural resource replenishment coefficient with atmospheric precipitation based on the hydrogeological and meteorological data and characterization of geological-technical condition of exploitation drill holes is described.

Coefficient of replenishment of the Nabeghlavi mineral water resources with infiltrated atmospheric precipitation has been determined by Darcy’s method. According to the reference historic data, back in 1986, the magnitude of the coefficient was 25,307 m³/ day, whereas in 2000-2020 it has equated 28,125 m³/day. Conventional average of these values made 26,715 m³/day, which is 90 times higher than the current approved operating reserve (296 m³/day) of the deposit.

Keywords: debit; drill hole; mineral water; Nabeghlavi; natural resource.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-62-70

Обозрение гидрогеологических работ на Набеглавском месторождении минеральных вод и обеспеченность естественных ресурсов месторождения за счет атмосферных осадков

Акаки Маглакелидзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: akakimaglakelidze777@gmail.com

Рецензенты:

М. Мардашова, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

А. Джгамадзе, доктор наук геологии, главный гидрогеолог и начальник отдела гидрогеологии ООО «Гамма Консалтинг»

E-mail: avtandil51@mail.ru

Аннотация. Минеральные воды очень важные ресурсы страны. Их умеренное потребление и защита возможны благодаря устойчивому и эффективному управлению.

В работе представлено обозрение проведенных гидрогеологических работ на Набеглавском месторождении углекислых минеральных вод. По данным гидрогеологических и метеорологических показателей рассчитан коэффициент обеспеченности естественных ресурсов атмосферными осадками, также, охарактеризовано геолого-техническое состояние эксплуатационных скважин месторождения.

Коэффициент обеспеченности естественных ресурсов месторождения атмосферными осадками рассчитан методом Дарси. Данная величина по данным фондовых материалов в 1986 году составляла 25 307 м³/сутки, а по данным 2000-2020 гг. она составила 28 125 м³/сутки, что превышает утвержденные запасы месторождения (296 м³/сутки) в 90 раз.

Ключевые слова: дебит; естественные ресурсы; минеральная вода; Набеглави; скважина.

განხილვის თარიღი 11.10.2021

შემოსვლის თარიღი 18.10.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-71-79>

ნაბელავის მიწისქვეშა მინერალური წყლების ჰიდროქიმიური დახასიათება

აკაკი მალაკელიძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: akakimaglanelidze777@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. მარდაშოვა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ა. ჯღამაძე, შპს „გამა კონსალტინგი“, გეოლოგიის აკადემიური დოქტორი, ჰიდროგეოლოგიური განყოფილების ხელმძღვანელი, მთავარი ჰიდროგეოლოგი

E-mail: avtandil51@mail.ru

ანოტაცია. საქართველო მდიდარია მიწისქვეშა წყლების საბადოებით, რომლებიც დროსა და სივრცეში განახლებადია და ხასიათდება წყლების საუკეთესო ხარისხობრივი მაჩვენებლებითა და სტაბილური რეჟიმით. მიწისქვეშა მინერალური წყლები საქართველოს ერთ-ერთი ძირითადი ბუნებრივი საწარმოო ძალაა, რომელსაც ეკონომიკის განვითარებასა და საექსპორტო ინდუსტრიაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს.

2015–2020 წლებში, თანამედროვე უნიფიცირებული მეთოდების გამოყენებით ჩატარებულია ნაბელავის მინერალური წყლების ქიმიური შემადგენლობის კვლევა. აგრეთვე, მომიებული და სისტემატიზებულია ადრე ჩატარებული ქიმიური ანალიზების პრაქტიკულად ყველა მონაცემი.

მათემატიკური სტატისტიკური ანალიზის გამოყენებით გამოთვლილია წყლების შემადგენელი ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების მაქსიმალური, მინიმალური, საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობები და ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდიდან. ქიმიური შემადგენლობის ძველი და ახალი შედეგების შედარებით, ძირითადი იონების სტატისტიკური ანალიზის შედეგების საფუძველზე, ნაჩვენებია წყლების ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრები და ყველა საექსპლუატაციო ჭაბურღილის წყლების სტაბილურობა.

ქიმიური შედგენილობისა და საერთო მინერალიზაციის მიხედვით გამოყოფილია წყლების სამი ჯგუფი, კატეგორიით სუსტი და დაბალი მინერალიზაციის. ნაჩვენებია, რომ ყველა საექსპლუატაციო ჭაბურღილის წყლების ქიმიური შემადგენ-

ლობა უპასუხებს ნატურალურ მინერალურ წყალზე მოთხოვნებს, როგორც საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტით, ისე ევროკომისიის დირექტივით.

საკვანძო სიტყვები: მინერალური წყალი; ნაბელავი; ჭაბურღილი; ჰიდროქიმიკა.

შესავალი

მსოფლიოში მინერალურ წყლებზე, მათ შორის საქართველოს მინერალურ წყლებზე, მოთხოვნა მზარდია. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის 2020 წლის მონაცემებით, ქართული მინერალური წყლების ექსპორტი 2 092 334 ათასი ლიტრია, რაც წინა წლებთან შედარებით მნიშვნელოვნად გაზრდილია [1].

გლობალური კონკურენციის პირობებში, ადგილობრივ და მსოფლიო ბაზარზე დამკვიდრების არსებითი ფაქტორია მიწისქვეშა წყლების ხარისხობრივი მაჩვენებლების შესაბამისობა საერთაშორისო სტანდარტებთან, რისთვისაც აუცილებელია მონიტორინგი და ჰიდროქიმიური კვლევების ჩატარება თანამედროვე უნიფიცირებული მეთოდების გამოყენებით.

ძირითადი ნაწილი

ნაშრომში დახასიათებულია ნაბელავის ცნობილი საბადოს მინერალური წყლები და მოცემულია მათი ხარისხობრივი შესწავლის შედეგები 2015–2020 წლებში ჩვენ მიერ განხორციელებული ჰიდროქიმიური კვლევების საფუძველზე.

საბადოზე მოპოვებული წყლების ჩამოსხმა ხორციელდება სს „წყალი მარგებელის“ უახლესი ტექნოლოგიებით აღჭურვილ ქარხანაში. წარმოებული პროდუქცია ექსპორტზე იგზავნება 30 ქვეყანაში. ამავე დროს გასათვალისწინებელია, რომ ექსპორტის აუცილებელი პირობაა ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრა თანამედროვე საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად, მათი კატეგორიზაცია და რეჟიმის სტაბილურობის ჩვენება.

ნაბელავის მინერალური წყლების საბადო მდებარეობს საქართველოში, ჩოხატაურის მუნიციპალიტეტის სოფელ ნაბელავის ტერიტორიაზე, მდ. გუბაზეულის ხეობაში.

საქართველოს ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის მიხედვით, ტერიტორია შედის მცირე კავკასიონის ნაოჭა ბელტური სისტემის ჰიდროგეოლოგიური ოლქის დასავლეთი დაძირვის ფარგლებში. ნაბელავის მინერალური წყლები გავრცელებულია შუაეოცენური ასაკის ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში და ცირკულირებს ძირითადი ქანების ნაპრალოვან ზონებში. საბადოს გავრცელების რაიონში წყლები აღწევს დიდ სიღრმეებს (2000–3000 მ), სადაც ისინი გაჯერდება პოსტვულკანური და მეტამორფული ნახშირორჟანგით და გამდიდრდება წყალშემცველი ქანებისგან გამოტუტვის გზით მიღებული ელემენტებით. ამ ზონებში მაღალი წნევის პირობებში ფორმირებული წყლები ე. წ. „გაზლიფტის“ ფაქტორის მეშვეობით აღწევს ზედაპირთან გავრცელებულ ინფილტრაციული მტკნარი წყლების ჰორიზონტამდე და მათთან შერევით ვლებულობთ საბოლოო პროდუქტს ნაბელავის მინერალური წყლის სახით [2, 3].

ნაბელლავის მინერალური წყალი 1905 წელს აღმოაჩინეს. თავადაპირველად გამოიყენებოდა სასმელად, სამკურნალოდ და სააბაზანოდ (ბალნეოპროცედურების მისაღებად). ამჟამად გამოიყენება სასმელად და წარმოებს მისი ჩამოსხმა.

ნაბელლავის მინერალური წყლების შემადგენლობის დადგენისა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის ანალიზი (№1 მინერალური წყარო) პირველად ჩაატარა, ლატვიელმა მეცნიერმა რობერტ კუპცმა 1926 წელს. 1938 წლიდან ნაბელლავის მინერალური წყლის საბადოზე სხვადასხვა ინტენსივობით (გარდა 90-იანი წლებისა) იკვლევდნენ წყლების ჰიდროქიმიურ შემადგენლობას, წყალში გახსნილი და თავისუფალი გაზების შემცველობას, მიკრობიოლოგიურ და რადიოლოგიურ მაჩვენებლებს. ტარდებოდა როგორც სავსე ჰიდროქიმიური გაზომვები, ისე ლაბორატორიული ანალიზები „საქგეოკაპტაჟმინწყლების“, „გეომინვოდის“ ჰიდროგეოლოგიურ და საინჟინრო გეოლოგიურ ლაბორატორიებში.

ნაბელლავის მინერალური წყლების ჰიდროქიმიური შესწავლისათვის გასულ საუკუნეში ჩატარებულია: 15 400 სავსე გაზომვა, 1 400 მოკლე და 16 სრული ქიმიური ანალიზი. მიღებული შედეგების საფუძველზე მინერალური წყლები წარმოდგენილი იყო სამ ჯგუფად [4]:

პირველი ჯგუფი – ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული, ნატრიუმისანი, სილიციუმისანი (H_2SiO_3), ბორიანი (H_3BO_3) მინერალური წყალი, საერთო მინერალიზაციით 2,7 – 3,5 გ/ლ. ჭაბურღილი №1/29.

მეორე ჯგუფი – ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული, ნატრიუმისანი, სილიციუმისანი (H_2SiO_3),

ბორიანი (H_3BO_3) მინერალური წყალი, საერთო მინერალიზაციით 5,0 – 7,5 გ/ლ. ჭაბურღილები №2 და №66.

მესამე ჯგუფი – ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული, ნატრიუმისანი, სილიციუმისანი (H_2SiO_3), ბორიანი (H_3BO_3) მინერალური წყალი საერთო მინერალიზაციით 8,0 – 10,0 გ/ლ. ჭაბურღილები №47 და №44.

აღსანიშნავია, რომ ნაბელლავის მინერალური წყლების საბადოს განახლებისა და განვითარების მიზნით, ასევე, არაერთი ფაქტორის (დებიტის კლება, სტიქიური მოვლენები, არაკონდიციური წყლების შემოდინება ჭაბურღილებში) გათვალისწინებით, განხორციელდა საექსპლუატაციო ჭაბურღილების ადგილმონაცვლე ჭაბურღილებით ჩანაცვლება და მოწყობა.

ამჟამად საბადოზე საექსპლუატაციო ჭაბურღილებია №№23, 17ა, 66ა და 67; ხოლო №44 და №47 ჭაბურღილები გამოიყენება სადამკვირვებლოდ.

საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების ხარისხის შეფასებისა და სტაბილურობის დასადგენად, ჰიდროქიმიური თვალსაზრისით, გაანალიზებულია ჩვენ მიერ 2015–2020 წლებში შესრულებული საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების ქიმიური ანალიზების შედეგები.

წყლის ნიმუშები აღებულია საქართველოსა და საერთაშორისო სტანდარტებით დადგენილი მოთხოვნების შესაბამისად [5, 6]. ქიმიური ანალიზები ჩატარებულია სამეცნიერო-კვლევითი ფორმა „გამას“ საერთაშორისო სტანდარტის სსტ ისო/იეკ 17025:2017/2018 მიხედვით აკრედიტებულ საგამოცდო ლაბორატორიაში, საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად, ლაბორატორიის შიგა

სტანდარტული ოპერაციული პროცედურების (სოპ) მიხედვით.

ჩატარებული ქიმიური ანალიზების შედეგებით გამოყოფილია სამი ჯგუფი:

პირველი ჯგუფი – საერთო მინერალიზაციით 1,6–1,9 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმანი, სილიციუმანი (H_2SiO_3) წყალი. ჭაბურღილი №17ა.

მეორე ჯგუფი – საერთო მინერალიზაციით 3,3–3,9 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმანი, სილიციუმანი (H_2SiO_3), ბორიანი (H_3BO_3) წყალი. ჭაბურღილები №№2კ და 66ა.

მესამე ჯგუფი – საერთო მინერალიზაციით 5,7–5,8 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმანი, სილიციუმანი (H_2SiO_3), ბორიანი (H_3BO_3) წყალი. ჭაბურღილი №67.

წყლების ქიმიური შედგენილობის მონაცემებია: pH 6,1–7,6; დიდ დიაპაზონში იცვლება მინერალიზაცია 1625,4–5802,6 მგ/ლ; ჰიდროკარბონატი (HCO_3) 1122,4–4074,8 მგ/ლ; ნატრიუმი (Na) 374–1221 მგ/ლ; კალციუმი (Ca) 10,4–120,0 მგ/ლ; მაგნიუმი (Mg) 7,44–110,4 მგ/ლ; კალიუმი (K) 5,5–27,5 მგ/ლ; სულფატი (SO_4) 16,2–164,0 მგ/ლ; ქლორი (Cl) 13,05–99,26 მგ/ლ; სილიციუმმჟავა (H_2SiO_3) 47,23–92,24 მგ/ლ; ბორის მჟავა (H_3BO_3) 12,59–50,35 მგ/ლ; ბორი (B) 2,23–8,93 მგ/ლ; რკინა (Fe) 0,22–3,1 მგ/ლ; სტრო-

ნციუმი (Sr) 0,1 – 0,88 მგ/ლ; ლითიუმი (Li) 0,19–0,62 მგ/ლ; მანგანუმი (Mn) 0,04–0,36 მგ/ლ; ფტორი (F) 0,34–0,66 მგ/ლ.

ნაბელავის მინერალურ წყლებში არ ფიქსირდება ტყვიის (Pb), ბარიუმის (Ba), ვერცხლის (Ag), ვერცხლისწყლის (Hg), ნიკელის (Ni), სელენის (Se), კობალტის (Co), ალუმინის (Al), იოდის (I) შემცველობა, ასევე არ აღინიშნება ორგანული ნივთიერებების (ქლორორგანული პესტიციდების და ნავთობპროდუქტების) არსებობა. ნიტრატების (NO_3) და ნიტრიტების (NO_2), ამონიუმის (NH_4), ბრომის (Br), ფოსფატების (PO_4), სპილენძის (Cu), თუთიის (Zn), დარიშხანის (As) და ქრომის (Cr) შემცველობა კი უმნიშვნელო რაოდენობით ან/და საერთოდ არ აღინიშნება.

ნაბელავის საბადოსათვის დამახასიათებელი, მინერალური წყლების ბუნებრივი ფლუქტუაციების ზღვრების დასადგენად, საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლებში ჩვენ გამოვთვალეთ ძირითადი იონების (ჰიდროკარბონატი, ნატრიუმი, კალიუმი, მაგნიუმი, კალციუმი, ქლორი, სულფატი) და სპეციფიკური კომპონენტების (სილიციუმმჟავა, ბორის მჟავა), მაქსიმალური, მინიმალური, საშუალო არითმეტიკული და ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკულისგან (იხ. პირველი ცხრილი).

წყლების ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები

ჰაბურდილი 17ა	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	Ca	Mg	K	H ₃ BO ₃	B	H ₂ SiO ₃
მინიმალური, მგ/ლ	1122.4	16.2	13.05	374	10.4	7.44	5.5	12.59	2.23	65.19
მაქსიმალური, მგ/ლ	1250.5	22.8	18.43	484	14.8	9.36	7.5	17.91	3.18	80.89
საშუალო, მგ/ლ	1205.77	20.6	15.45	418	12.4	8.16	6.16	14.85	2.63	74.72
STVD	72.26	3.81	2.73	58.2	2.22	1.05	1.15	2.75	0.49	8.37
საშუალო მნიშვნელობიდან გადახრა, %	5.99	18.49	17.69	13.93	17.96	12.82	18.72	18.51	18.64	11.2
ჰაბურდილი 2ა	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	Ca	Mg	K	H ₃ BO ₃	B	H ₂ SiO ₃
მინიმალური, მგ/ლ	2000.8	48.9	38.29	660	37	34.2	7.92	25	4.44	67.5
მაქსიმალური, მგ/ლ	3135.4	78	66.65	935	62	56.4	16.17	35.76	6.34	95.95
საშუალო, მგ/ლ	2392.5	60.07	45.65	812.53	45.86	44.56	11.88	29.5	5.23	81.25
STVD	309.65	11.98	8	80.17	6.94	6.33	1.92	3.26	0.57	8.78
საშუალო მნიშვნელობიდან გადახრა, %	12.94	19.95	17.53	9.86	15.14	14.22	16.17	11.06	11.06	10.8
ჰაბურდილი 66ა	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	Ca	Mg	K	H ₃ BO ₃	B	H ₂ SiO ₃
მინიმალური, მგ/ლ	2025.2	66	40.28	616	68	51.6	3.15	18.34	3.25	49.8
მაქსიმალური, მგ/ლ	3367.2	114	66.64	957	120	99.6	4.9	37.76	6.7	87.58
საშუალო, მგ/ლ	2453.5	79.67	48.14	754.21	84.31	68.88	3.67	24.14	4.28	71.63
STVD	383.78	15.9	9.33	96.28	13.63	12.98	0.5	4.78	0.84	14.32
საშუალო მნიშვნელობიდან გადახრა, %	15.64	19.96	19.38	12.76	16.17	18.84	13.84	19.83	19.83	19.97
ჰაბურდილი 67	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	Ca	Mg	K	H ₃ BO ₃	B	H ₂ SiO ₃
მინიმალური, მგ/ლ	3294	98	75.86	913	80	85.2	22	31.15	5.52	55.6
მაქსიმალური, მგ/ლ	4074.8	164	99.26	1221	94	110.4	27.5	50.35	8.93	85.11
საშუალო, მგ/ლ	3546.13	119.66	85.44	1078	86.67	93.2	23.95	38.63	6.85	65.06
STVD	348.73	23.77	8.96	134	4.68	10.8	2.36	7.14	1.27	12.78
საშუალო მნიშვნელობიდან გადახრა, %	9.83	19.87	10.49	12.43	5.4	11.59	9.86	18.49	18.49	19.64

მიღებული შედეგებით, წყლის შემადგენლობაში მყოფი ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდისგან მერყეობს ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრებში და არ აღემატება 20%-ს, რაც მიუთითებს ნაბელავის მინერალური წყლების შედგენილობის სტაბილურობაზე.

ქიმიური შემადგენლობის ძველი და ახალი შედეგების შედარება, ასევე ძირითადი იონების შემცველობის სტატისტიკური ანალიზი, მოწმობს რომ ნაბელავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლების შემადგენლობა სტაბილურია, ტიპი – ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის, მინერალური წყლების კატეგორია კი ფასდება სუსტი და დაბალი მინერალიზაციით [7]. სპეციფიკური კომპონენტებია სილიციუმმჟავა და ბორის მჟავა (გარდა ჭაბურღილისა №17ა). დამახასიათებელი მიკროკომპონენტებია რკინა, სტრონციუმი, ლითიუმი, მანგანუმი და ფთორი.

რაც შეეხება საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების ხარისხს, წყლების ქიმიური შემადგენლობა უპასუხებს ნატურალური მინერალური წყლების კატეგორიის მოთხოვნებს, განსაზღვრულს საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტით და ევროკომისიის დირექტივით [8, 9].

დასკვნა

- მოძიებული და სისტემატიზებულია ნაბელავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლების საბადოზე გასულ საუკუნეში ჩატარებული ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები.

- თანამედროვე მდგომარეობით, საექსპლუატაციო ჭაბურღილების წყლების ქიმიური ანალიზების შედეგების ჰიდროქიმიური გაანალიზების საფუძველზე გამოყოფილია სამი ჯგუფი:

➤ **პირველი ჯგუფი** – საერთო მინერალიზაცია 1,6–1,9 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის, სილიციუმის წყალი. ჭაბურღილი №17ა;

➤ **მეორე ჯგუფი** – საერთო მინერალიზაცია 3,3–3,9 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის, სილიციუმის, ბორის წყალი. ჭაბურღილები №№2კ და 66ა;

➤ **მესამე ჯგუფი** – საერთო მინერალიზაცია 5,7–5,8 გ/ლ. ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის, სილიციუმის, ბორის წყალი. ჭაბურღილი №67.

- სტატისტიკური ანალიზის შედეგებით, წყლის შემადგენლობაში მყოფი ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდისგან მერყეობს ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრებში და არ აღემატება 20%-ს.

- ნაბელავის ნახშირმჟავა მინერალური წყლის შემადგენლობა სტაბილურია, ტიპი არის ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის, მინერალური წყლის კატეგორია – სუსტი და დაბალი მინერალიზაციის. სპეციფიკური კომპონენტებია სილიციუმმჟავა და ბორის მჟავა (გარდა ჭაბურღილისა №17ა). დამახასიათებელი მიკროკომპონენტებია რკინა, სტრონციუმი, ლითიუმი, მანგანუმი და ფთორი.

-
- წყლების ქიმიური შემადგენლობა უპასუხებს ნა-ტურალური მინერალური წყლების კატეგორიის მოთხოვნებს, განსაზღვრულს საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტით და ევროკომისიის დირექტივით.
-

ლიტერატურა

1. (n.d.). Retrieved from National statistics office of georgia: <https://www.geostat.ge/en>
2. Zautashvili, B., Mkheidze, B. (2011). Hydrogeology of Georgia. Georgia, Tbilisi: GTU. (In Georgian);
3. Buachidze, I. and others. Hydrogeology of the USSR. vol. X, Tbilisi, Georgia. (In Russian);
4. Chichua, T., Tsulukidze, I., Davlianidze, G., Sitnikova, L. (1986). LM Report After the Exploitation of the Mineral Reservation with the Memorial Birthday. (In Russian);
5. Technical regulations Sanitary rules for water sampling. (2014). Georgia, Tbilisi: Resolution of the Government of Georgia #26. (In Georgian);
6. ISO 5667 Water quality Sampling. Guidance on sampling of groundwaters;
7. On the approval of the list of water bodies belonging to the treatment category and the hygienic requirements for the quality of mineral water. (2002). Georgia, Tbilisi: Order of the Minister of Labor, Health and Social Affairs of Georgia #310/n. (In Georgian);
8. Technical Regulation of Natural Mineral Water and Source Water #719. (2014). (In Georgian);
9. Commission Directive 2003/40/EC of 16 May 2003 establishing the list, concentration limits and labelling requirements for the constituents of natural mineral waters and the conditions for using ozone-enriched air for the treatment of natural mineral waters and spring waters.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-71-79>

Hydrochemical Characterization of Nabeghlavi Underground Mineral Waters

Akaki Maghlakelidze Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi,
75 M. Kostava str.
E-mail: akakimaghlakelidze777@gmail.com

Reviewers:

M. Mardashova, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

A. Jghamadze, Doctor of Geology, Chief Hydrogeologist and Head of Hydrogeology Department at “Gamma Consulting” Ltd

E-mail: avtandil51@mail.ru

Abstract. Georgia is rich in groundwater deposits, which renew over time and are characterized by the best indicators of water quality and a stable regime. Groundwater is one of the main natural productive forces of Georgia, which plays an important role in the economic development and export industry.

During 2015–2020, chemical composition of the Nabeghlavi mineral waters has been studied by the means of the modern unified methods. Almost all data from previous chemical analyzes have also been retrieved and systematized/collated.

Using mathematical statistical analysis, the maximum, minimum, and mean arithmetic values of the major and specific components of water and the empirical deviation from the arithmetic mean have been calculated. Though comparison of the recent and historic data on chemical composition, based on the results of statistical analysis of the major ions, the natural fluctuation limits of the waters and stability of waters from all exploitation drill holes have been shown.

According to the chemical composition and total mineralization there are three groups of waters in fresh and low mineralized category. It is shown that chemical composition of water from all exploitation drill holes meets requirements for the natural mineral water category, both the normative document of Georgia and directive of the European Commission.

Keywords: drill hole; hydrochemistry; mineral water; Nabeghlavi.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-71-79

Гидрохимическая характеристика подземных минеральных вод Набеглави

Акаки Маглакелидзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: akakimaglakelidze777@gmail.com

Рецензенты:

М. Мардашова, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

А. Джгамадзе, доктор наук геологии, главный гидрогеолог и начальник отдела гидрогеологии ООО
«Гамма Консалтинг»

E-mail: avtandil51@mail.ru

Аннотация. Грузия богата залежами подземных вод, которые возобновляются со временем и характеризуются лучшими показателями качества воды и стабильным режимом. Подземные воды – одна из основных естественных производительных сил Грузии, занимающая важное место в экономическом развитии и экспортной отрасли.

В 2015–2020 годах при помощи современных унифицированных методов с успехом исследовался химический состав минеральных вод Набеглави. Также найдены и систематизированы практически все данные ранее проведенных химических анализов. С использованием математическо-статистического анализа высчитаны максимальные, минимальные и средние арифметические значения, основные и специфические компоненты водного состава, а также его эмпирическая погрешность от средней арифметической величины.

При сравнении старых и новых данных химического состава, на основании статистического анализа основных ионов показана естественная флюктуация водных изменений и стабильность всех эксплуатационных скважин.

По химическому составу и общей минерализации выделены три группы, по категориям слабая и низкая минерализация.

Показано, что химический состав всех эксплуатационных скважин соответствует требованиям натуральных минеральных вод, как по нормативным документам в Грузии, так и по директивам Еврокомиссии.

Ключевые слова: дебит; естественные ресурсы; минеральная вода; Набеглави; скважина.

განხილვის თარიღი 11.10.2021

შემოსვლის თარიღი 18.10.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-80-91>

მათემატიკური მოდელები ასიმეტრიული ომისთვის

ლევან მაისურაძე

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის, ტექნოლოგიისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: maisuradze.l@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. სანიკიძე, სტუ-ის ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტის პროფესორი, მაიორი

E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

თ. შუბლაძე, სტუ-ის ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტის პროფესორი, თადარიგის გენერალ-მაიორი

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

ანოტაცია. უილიამ ლანჩესტერის მიერ საბრძოლო მოდელებისთვის შემუშავებული დიფერენციალური განტოლებები დღემდე გამოიყენება სამხედრო თეორეტიკოსების მიერ. ასიმეტრიული ვითარება გვხვდება ბრძოლის ველზე ვიწრო გასასვლელებში, სადაც შეუძლებელია მთელი საცეცხლე ძალის კონცენტრირება. ლანჩესტერის განტოლების გამოყენების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პარიტეტის მისაღწევად საჭიროა სამიზნეების გასანადგურებლად ცეცხლის თანამიმდევრობით მასირება.

მოცემულ ნაშრომში განხილულია ასიმეტრიულ ბრძოლებში მათემატიკური მოდელების გამოყენ-

ბის მნიშვნელობა. მათი საშუალებით შესაძლებელია საბრძოლო გათამაშებების ჩატარება და დასკვნების გამოტანა.

ასევე დანაწევრებით ძალთა განადგურების მიზნით შემოთავაზებულია მათემატიკური მოდელი, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია განვსაზღვროთ, თითოეული ბრძოლისათვის როგორ უნდა დაიყოს მოწინააღმდეგის ძალები ოპტიმალურ რაოდენობად. კვლევის საფუძველზე განსაზღვრულია დროის ფაქტორის გავლენა მოულოდნელობის ეფექტზე და შემუშავებულია მათემატიკური მოდელი, რომლითაც შესაძლებელია მოწინააღმდეგესთან ბრძოლის ეფექტური პერიოდის დადგენა.

საკვანძო სიტყვები: ასიმეტრიული ომი; განტოლება; ლანჩესტერის მოულოდნელობის ფაქტორი; მათემატიკური მოდელი.

ბოლო შედეგები ყველა ტიპის კონფლიქტში, მათ შორის ასიმეტრიულ ომში.

შესავალი

სამხედრო ოპერაციების კვლევისა და საბრძოლო მოდელირების აღსაწერად იყენებენ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემებს, რომლებიც პირველად 1916 წელს გამოიყენა ფრედერიკ უილიამ ლანჩესტერმა. მათი საშუალებით შესაძლებელი გახდა მრავალფეროვანი სამხედრო კონფლიქტების გაანალიზება დროსა და სივრცეში. თითოეული განტოლება გამოხატავდა ერთი მდგომარეობის ცვლილების სიჩქარეს სხვა ცვლადებთან მიმართებით. ლანჩესტერის განტოლებების საფუძველზე შემუშავებული ბოლოდროინდელი ლიტერატურა მორგებულია ისტორიულ ბრძოლებზე. ეს დიფერენციალური განტოლებები გამოიყენება სივრცისა და ურთიერთქმედების ეფექტების დასაფიქსირებლად. გვხვდება სხვადასხვა სფეროში, მაგალითად, ბიოლოგიაში, რეკლამებსა და ვიდეოთამაშებში. არსებობს ლანჩესტერის რამდენიმე მოდელი, რომლებიც განსხვავდება ერთმანეთისაგან ოპერატიული მდგომარეობისა და/ან ტაქტიკური ვითარების მიხედვით. აღნიშნული მოდელების ვარიაციებს დღესაც ფართოდ იყენებენ სამხედრო ანალიტიკოსები და ოპერატიული დამგეგმავები ძალთა სტრუქტურისა და საბრძოლო მოქმედებების შესასწავლად. მოდელებში ასახულია ორი დაპირისპირებული სამხედრო ძალის ურთიერთდამოკიდებულების დინამიკა. ისინი საშუალებას იძლევა დადგინდეს შემუშავებული სამოქმედო გეგმების სისწორე და პროგნოზირდეს სა-

ძირითადი ნაწილი

ბრძოლის პროცესის შესწავლის უმნიშვნელოვანესი ასპექტია მისი რაოდენობრივი ანალიზი, რაც შემდგომში არაერთი მნიშვნელოვანი დასკვნის საშუალებას იძლევა. ძალთა კონცენტრაციით შესაძლებელია დანაკარგების შემცირება და მოწინააღმდეგის დამარცხება. ბრძოლის პროცესის მათემატიკური ანალიზის საფუძველია ლანჩესტერის განტოლებები, რომლებიც იძლევა საშუალებას, ბრძოლის ნებისმიერი მომენტისათვის გამოვთვალოთ მხარეთა საბრძოლო ერთეულების რაოდენობა:

$$\frac{dB}{dt} = -aR, \tag{1}$$

$$\frac{dR}{dt} = -\beta B,$$

სადაც $B=B(t)$ და $R=R(t)$ ცვლადებია, რომლებიც პირობითად აღნიშნავენ დაპირისპირებულ ლურჯ და წითელ ძალებს t დროისათვის. დამიზნებული ცეცხლის მოდელი წარმოადგენს საბრძოლო ვითარებას, როდესაც ლურჯი (წითელი) მხარის თითოეული მებრძოლი ეფექტურად ამცირებს წითელ (ლურჯ) ძალას განსაზღვრული ფიქსირებული β , α სიჩქარით. დამიზნებული ცეცხლის მოდელი არის ცვლადების გამოყოფით მიღებული მდგომარეობის განტოლება:

$$\beta(B_0^2 - B^2) = a(R_0^2 - R^2). \tag{2}$$

სადაც B_0 და R_0 არის ლურჯი და წითელი ძალების რაოდენობა ბრძოლის დასაწყისში. კერძოდ, როცა B_0, R_0, β და a მონაცემები ტოლია, ჩვენ ვიღებთ პარტიტულ პირობას: $\beta B_0^2 = a R_0^2$ და ბრძოლა მთავრ-

დება ურთიერთგანადგურებით. იმ შემთხვევაში, თუ ერთ მხარეს, რომელსაც უფრო დიდი დაზიანების მაჩვენებელი აქვს, ავიყვანთ კვადრატში, იგი ბრძოლას იგებს. მიუხედავად იმისა, რომ ცვეთის (განადგურების) მაჩვენებელს აქვს წრფივი ეფექტი, ზომის ეფექტი კვადრატულია. განადგურების გაორმაგებული მაჩვენებელი იზრდება დანაკარგების პროპორციულად და, შესაბამისად, საბრძოლო რაოდენობის საშუალებებს აქვს კვადრატული ზემოქმედების ეფექტი. ამან განაპირობა ის, რომ მიზანმიმართული ცეცხლის მოდელს კვადრატული კანონი უწოდეს. კვადრატული კანონი ხაზს უსვამს ძალების კონცენტრაციის მნიშვნელობას. იგი ერთ-ერთი სამხედრო პრინციპია.

როგორც ცნობილია, (1) განტოლებათა სისტემის ამონახსნია:

$$R = R_0 ch\sqrt{a\beta} t - B_0 \sqrt{\frac{\beta}{a}} sh\sqrt{a\beta} t, \quad (3)$$

$$B = B_0 ch\sqrt{a\beta} t - R_0 \sqrt{\frac{a}{\beta}} sh\sqrt{a\beta} t.$$

ბრძოლის პროცესის ამ მათემატიკურ მოდელში რამდენიმე დაშვება იგულისხმება, რომლებიც მოდელს უადრესად მარტივსა და სქემატურს ხდის. ეს დაშვებებია:

1. მხარეებს აქვს თითო-თითო გვარეობის ძალები;
2. ეფექტური სწრაფსროლები a და β მუდმივებია. ისინი არ არის დამოკიდებული დროსა და ერთეულების სივრცით განლაგებაზე.
3. ბრძოლის პროცესზე არავითარ გავლენას არ ახდენს საბრძოლო ერთეულთა სივრცითი კოორდი-

ნატები, ამიტომ იგულისხმება, რომ მთელი პროცესი თითქოს ერთ წერტილში მიმდინარეობს.

ასეთი სიმარტივის გათვალისწინებით (1) სისტემიდან მაინც შეიძლება არაერთი დასკვნის გამოტანა, რომელთაც დიდი მნიშვნელობა აქვთ ტაქტიკის მრავალი საკითხის გარკვევისათვის.

დაშვებების გამო ლანჩესტერმა შეიმუშავა წრფივი კანონის ორი მოდელი. პირველი წრფივი კანონის მოდელს ასევე უწოდებენ უძველეს ბრძოლას. იგი მიიჩნევა, რომ ბრძოლა მოიცავს ინდივიდუალური დუელების კრებულს, რომლებიც ტიპურია ადრეული ისტორიის ბრძოლებისთვის. ასეთ ბრძოლაში მნიშვნელობა არ აქვს ძალების კონცენტრაციას. ამრიგად, განტოლების წყვილი მარტივია, აღწერს უძველეს ბრძოლას $\beta(B_0 - B) = a(R_0 - R)$. ამ შემთხვევაში ზემოქმედების ძალა წრფივია, ამიტომ ეწოდება მას ბრძოლის წრფივი კანონი.

$$\frac{dB}{dt} = -a, \quad (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = -\beta,$$

მეორე წრფივი კანონი აღწერს არა დამიზნებულ ცეცხლს, სადაც ცეცხლის მოქმედება დამოკიდებულია არა მხოლოდ მისი გადარჩენილი ძალის ზომაზე, არამედ დაპირისპირებულ ძალთა სამიზნეების სიმჭიდროვეზეც. რადგან ცეცხლი არ არის დამიზნებული, მეორე მხარის დაზიანების ალბათობა დამოკიდებულია ზემოქმედების რაიონში სამიზნეების რაოდენობაზე. სწორედ ამის გამო უწოდებენ ამ მოდელს საცეცხლე რაიონის მოდელს. დიფერენციალური განტოლებების წყვილი ამ შემთხვევაში არის:

$$\frac{dB}{dt} = -aBR, \quad (5)$$

$$\frac{dR}{dt} = -\beta BR.$$

ლანჩესტერის კლასიკური მოდელის შესაბამისად გვაქვს კვადრატული და წრფივი განტოლებების სხვადასხვა ვარიანტი. ასევე, არსებობს ზემოთ აღწერილი განსაზღვრული ლანჩესტერული მოდელების ალბათობის ვერსიები, რომლებიც არსებითად უწყვეტი დროით მიმდინარე პროცესებია. მიუხედავად იმისა, რომ მათ იყენებენ ბრძოლის ველზე განსაზღვრული ალბათობების გათვალისწინებით, ნაკლებად გვხვდება გამოთვლითი სირთულისა და შედარებით შეზღუდული შესაძლებლობის გამო. ისინი გამოიყენება არაერთგვაროვანი საბრძოლო სიტუაციების დროს, როგორცაა, მაგალითად, ასიმეტრიული ომი.

ასიმეტრიული ბრძოლა ხდება მაშინ, როდესაც ორივე მხარე განსხვავებულ ტაქტიკას იყენებს და სახელმწიფოს რეგულარული ძალები ებრძვის პარტიზანებს ან აჯანყებულებს, რომლებიც იყენებენ ასიმეტრიულ საომარ ტაქტიკას. პირველი, ვინც აღწერა ეს ვითარება ლანჩესტერის განტოლების გამოყენებით, იყო დეიჩმანი, რომელმაც შეიმუშავა პირდაპირი ცეცხლისა და ფართობზე ცეცხლის შერეული მოდელი და მას უწოდა პარტიზანული ბრძოლის მოდელი. ერთი მხრივ, პარტიზანები, რომლებიც კარგად არიან შენიღბულნი და ჩასაფრებულნი ან შერეულნი მშვიდობიან მოსახლეობაში, მიმართავენ დამიზნებულ ცეცხლს რეგულარული ძალების წინააღმდეგ. მეორე მხრივ, რეგულარულ ძალებს მხოლოდ პარტიზანების წინააღმდეგ შეუძლიათ გამოიყენონ ფართობზე გახსნილი ცეცხლი.

აღნიშნული ძალების ეფექტურობა დამოკიდებულია პარტიზანი მებრძოლების სიმჭიდროვეზე. იმის გამო, რომ მათი რაოდენობა იკლებს (ნადგურდება), უფრო რთულდება ცოცხალი სამიზნის მოპოვება და მათზე ზემოქმედების ალბათობაც კლებულობს. თუ R არის რეგულარული ძალა, ხოლო B – პარტიზანებია, მაშინ ცვეთის განტოლებებია:

$$\frac{dB}{dt} = -pR \frac{B}{B_0}, \quad (6)$$

$$\frac{dR}{dt} = -\beta B.$$

მოცემული პირობებით ვიღებთ შემდეგ ტოლობას:

$$\beta(B_0^2 - B_0 B) = \frac{\alpha}{2}(R_0^2 - R^2) \quad (7)$$

(7) ფორმულა ლანჩესტერის ორი კანონის – კვადრატული კანონისა და წრფივი კანონის ნაზავია.

ბრძოლის ველზე პარტიზანები დამალული არიან, ხოლო რეგულარული ძალები ღიად მოქმედებენ, ამიტომ, პარტიზანებს აქვთ უპირატესობა რეგულარულ ძალებთან შედარებით. ეს უპირატესობა გამოიხატება მე-(8) განტოლებით:

$$\frac{\beta B_0^2}{\alpha R_0^2} = \frac{1}{2} \quad (8)$$

აქ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ბრძოლა ერთნაირ პირობებში მიმდინარეობს. წითელს (რეგულარული ძალა) დასჭირდება თავისი ეფექტურობის გაორმაგება ან საწყისი ძალების რაოდენობის გაზრდა, რომ მიაღწიოს პარტიზანების შესაძლებლობებთან თანაფარდობას.

მოცემულ ნაშრომში განხილულია ვითარება, როდესაც ასიმეტრიული ტაქტიკით მოქმედი ძალები სწორად იყენებენ რელიევის სამხედრო ასპექტებს, როგორცაა: დაფარვა და შენიღბვა; თვალთვალი და

საცეცხლე ველები; დაბრკოლებები; საკვანძო ადგილები; მიახლოების მარშრუტები. საკომუნიკაციო ხაზებზე ჩასაფრებები და მაღალი ღირებულების მიზნების გასანადგურებლად წარმოებული რეიდები მნიშვნელოვნად შეამცირებს მოწინააღმდეგის სიმეტრიული (კონვენციური) ტაქტიკის გამოყენების ეფექტიანობას. ასევე ადგილმდებარეობის ისეთი მახასიათებლების, როგორცაა მთაგორიანი რელიეფი და დასახლებული პუნქტები, მნიშვნელოვნად გაზრდის ასიმეტრიული ძალების მოქმედების თავისუფლებას.

ასიმეტრიული საბრძოლო ვითარება ვლინდება ვიწრო გადასასვლელებში, მაგალითად, უღელტეხილებზე ან ხიდებზე. დამცავი B ლურჯი ძალა ეფექტურად არის განლაგებული დომინირებულ ადგილებში ისე, რომ მას შეეძლოს ცეცხლის კონცენტრირება მოახლოებულ R წითელ შემტევ ძალაზე, რომელიც ადგილმდებარეობის შეზღუდვების გამო მოძრაობს ვიწრო კორიდორში. ამრიგად, ლურჯ ძალას შეუძლია გამოიყენოს პირდაპირი ცეცხლი მისი ყველა ქვედანაყოფიდან, ხოლო წითელს – მხოლოდ მისი წინა მოძრავი იარაღიდან. ამ სცენარისთვის ლანჩესტერის განტოლებებია:

$$\frac{dR}{dt} = -\beta B \quad (9)$$

$$\frac{dB}{dt} = -a$$

მე-9 განტოლებებით მიიღება $\frac{B}{2}(B_0^2 - B^2) = a(R_0 - R)$ და პარიტეტური პირობაა:

$$\frac{\beta B_0^2}{\alpha R_0^2} = 2 \quad (10)$$

პარიტეტის მისაღწევად შემტევ და არახელსაყრელ მდგომარეობაში მყოფ წითელ ძალას დასჭირდება საწყისი ძალის კვადრატში აყვანა რომ ლურჯ ძალას გაუტოლდეს. ეს ბრძოლის მოდელი ასიმეტრიის განსხვავებული გამოვლინებაა ლანჩესტერის განტოლებათა სისტემაში, როდესაც ორივე მხარე არსებითად განსხვავებულ ტაქტიკას იყენებს.

განვიხილოთ დამიზნებული ცეცხლის სიტუაცია, როდესაც ერთი გვარეობის წითელი ძალა ებრძვის სხვადასხვა გვარეობის ლურჯ ძალას, რომელიც შედგება n რაოდენობის ქვედანაყოფებისგან B_1, \dots, B_n . ლურჯი n ქვედანაყოფები განსხვავდება საცეცხლე ეფექტურობითა და დაცულობით. $a_i(\beta_i)$ – ით აღვნიშნოთ წითლის (R_i) განადგურების სიჩქარე ლურჯის (B_i) მიმართ, $i = 1, \dots, n$. მიუხედავად იმისა, რომ ლურჯი იყენებს ყველა თავის ერთეულს წითლის საწინააღმდეგოდ, ამ უკანასკნელს აქვს დილემა: როგორ განათავსოს ცეცხლი დინამიკურად დაპირისპირებულ ძალებს შორის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დროის მოცემულ t მონაკვეთში $R_i(t)$ -ს რა ნაწილს $p_i(t)$ -ს გამოყოფს ბრძოლაში ჩართვისთვის.

მოცემულ სიტუაციაში ლანჩესტერის განტოლება მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\frac{dR}{dt} = -\sum_{i=1}^n \beta_i B_i(t),$$

$$\frac{dB}{dt} = -a_i(t)\beta_i B(t), i = 1, \dots, n,$$

სადაც ყველა

$$\sum_{i=1}^n p_i(t) = 1.$$

მანამდე წარმოდგენილი მოდელებისგან განსხვავებით, რომლებიც წმინდა აღწერითა, (11)-ის მოდელს პირობითი ხასიათი აქვს. წითელი ძალების

გადასაწყვეტი პრობლემაა, თუ როგორ უნდა გაანაწილონ შეტევითი ძალისხმევა. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, დროის t ნებისმიერი მონაკვეთისთვის რა არის $p_i(t)$ -ს ოპტიმალური მნიშვნელობები. ამ შემთხვევაში წითლების საუკეთესო ტაქტიკაა, ნებისმიერი t დროისთვის ბრძოლაში $p_i(t)=1$ ჩართოს ლურჯი ძალების გარკვეული ერთეულისთვის i რაოდენობა. ეს არის ის წითელი ძალა, რომელმაც არ უნდა გაანაწილოს ერთდროულად მთელი ცეცხლი გარკვეულ ტერიტორიაზე. ის უნდა კონცენტრირდეს ერთი მიმართულებით ლურჯი ძალების წინააღმდეგ. უფრო მეტიც, წითელმა ძალებმა ლურჯი ქვედანაყოფების შესამცირებლად უნდა ჩართონ ბრძოლაში დროის ნებისმიერ მონაკვეთში β_{α} ძალები, რათა მოახდინონ ლურჯებზე წითელი ძალების ცეცხლის კონცენტრირება.

ზემოთ განხილული R ძალის მოქმედების საკასუხოად ასიმეტრიული ტაქტიკით მოქმედმა B ქვედანაყოფებმა (პარტიზანებმა) დამიზნებული ცეცხლით შეტევა ერთ წერტილში უნდა აწარმოონ მინიმუმ ორი მიმართულებიდან (B_x და B_y ანუ $B_x > B_y$) ძალების არათანაბარი განაწილებით. ამ შემთხვევაში R ძალაზე ერთდროულად გახსნილი მასირებული საცეცხლე ზემოქმედება გაგრძელდება მოწინააღმდეგის საკასუხო ცეცხლის კონცენტრირებამდე (ვითარებაში გარკვევა, საბრძოლო მზადყოფნაში მოყვანა). აღნიშნული მომენტისთვის B_x ძალა დაუყოვნებლივ წყვეტს ცეცხლს და ტოვებს პოზიციებს, რათა მოწინააღმდეგემ ცეცხლის მასირება მოახდინოს B_y მცირე ძალების წინააღმდეგ. ამ შემთხვევაში იკლებს R ძალის მასირებული ცეცხლის ეფექტი და იზრდება B ძალის გადარჩენის შესაძლებლობა.

დავუშვათ, B მხარეს რიცხობრივად მნიშვნელოვნად აღემატება მოწინააღმდეგე R მხარე. რა თქმა უნდა, მათი პირდაპირი შეჯახება R მხარის სრული გამარჯვებით დამთავრდება. მაგრამ, თუ მოწინააღმდეგის ძალები სრულად არ გამოვლენ ბრძოლაში, მაშინ B მხარეს შეეძლება დაამარცხოს მისი რომელიმე ნაწილი. ერთ-ერთი ხერხი იმისა, რომ B მხარემ გაუწიოს ღირსეული წინააღმდეგობა მას და სრულად გაანადგუროს იგი, არის მოწინააღმდეგე ძალების დანაწილება ისეთ და იმდენ ნაწილად, რომ მოიგოს თითოეული ბრძოლა და საბოლოოდ – ოპერაცია.

შემოვიტანოთ პირობა, რომ სხვა ყველა ფაქტორი (იარაღის ხარისხი, სწრაფსროლა, ეფექტური სროლის სიხშირე, მებრძოლთა სულისკვეთება, ფსიქოლოგიური მომზადება, სხვა სახის საკითხების უზრუნველყოფის დონე, ლოგისტიკა და ა.შ.) თანაბარია.

B მხარის გამარჯვებად მივიჩნით მომენტი, როცა ბრძოლები დამთავრებულია, R მხარე განადგურებულია მთლიანად, ხოლო B მხარეს დარჩა მებრძოლთა რაღაც რაოდენობა. შევთანხმდეთ, რომ B მხარეს ბრძოლის დაწყებამდე ჰყავს X_0 რაოდენობის ჯარი, ხოლო R მხარეს – $Y_0 = K \cdot X_0$ (სადაც K არის ძალთა თანაფარდობის კოეფიციენტი).

როგორც აღვნიშნეთ, ბრძოლის დინამიკის მათემატიკური მოდელირების თანახმად, პირდაპირი შეხვედრების შემთხვევაში B მხარე პირწმინდად წააგებს. ამიტომ, იგი ანაწევრებს მოწინააღმდეგეს რაღაც N ნაწილებად და ყველა ნაწილს ანადგურებს ცალ-ცალკე, ეტაპობრივად. ანუ, უნდა შეებრძოლოს მის ყოველ $\frac{K \cdot X_0}{N}$ ნაწილს და n რაოდენობის

ბრძოლების შემდეგ სრულად უნდა განადგუროს მოწინააღმდეგე. ჩვენი ამოცანაა დავადგინოთ, რას უდრის N .

ლანჩესტერის განტოლების თანახმად, B მხარე შეებრძოლება რა R მხარის $\frac{K \cdot X_0}{N}$ ნაწილს, პირველი ბრძოლის შემდგომ რჩება X_1 რაოდენობის ძალები, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$X_1 = \sqrt{X_0^2 - \left(\frac{K \cdot X_0}{N}\right)^2} = X_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{K}{N}\right)^2} \quad (12)$$

მეორე ბრძოლაში B მხარე ჩაებმება X_1 ნაწილით, ხოლო R მხარე – ისევ $\frac{K \cdot X_0}{N}$ ნაწილით. მეორე ბრძოლის შემდგომ B მხარეს დარჩება X_2 ნაწილი, რომელიც ტოლი იქნება:

$$\begin{aligned} X_2 &= \sqrt{X_1^2 - \left(\frac{K \cdot X_0}{N}\right)^2} = \\ &= \sqrt{X_0^2 \left[1 - \left(\frac{K}{N}\right)^2\right] - \left(\frac{K \cdot X_0}{N}\right)^2} = \\ &= X_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{K}{N}\right)^2} \quad (13) \end{aligned}$$

იმავე მეთოდით, $n-1$ ბრძოლის შემდგომ B მხარეს დარჩება:

$$X_{n-1} = X_0 \cdot \sqrt{1 - (n-1) \left(\frac{K}{N}\right)^2}$$

ძალები, ხოლო მოწინააღმდეგეს – ბოლო $\frac{K \cdot X_0}{N}$ ძალები.

აღნიშნული ბრძოლის წინ, B მხარის დარჩენილმა საბრძოლო ერთეულებმა უნდა სძლიოს და დაამარცხოს R მხარის დარჩენილი $\frac{K \cdot X_0}{N}$ ნაწილი. ეს

პირობა დააკმაყოფილებს ჩვენი ამოცანის მოთხოვნას, რადგან ანალიტიკური სტრატეგიის თანახმად, ეს შესაძლებელია მაშინ, როცა R მხარე რიცხობრივად სჭარბობს B მხარეს (როგორც თავიდანვე შეთანხმდით, სხვა ყველა საბრძოლო მაჩვენებელი ერთნაირია) ანუ, როცა:

$$X_{n-1} \geq \frac{K \cdot X_0}{N}, \text{ ე.წ.,}$$

$$X_0 \cdot \sqrt{1 - (n-1) \left(\frac{K}{N}\right)^2} \geq \frac{K \cdot X_0}{N} \quad (14)$$

თუ უტოლობის ორივე მხარეს ავიყვანთ კვადრატში და გავამარტივებთ, მივიღებთ:

$$1 - (n-1) \left(\frac{K}{N}\right)^2 \geq \frac{K^2}{N^2} \quad (15)$$

თუ ბრძოლათა n რაოდენობას მივიჩნევთ მოწინააღმდეგის დანაწევრების N რაოდენობის ტოლად $n = N > 1$, უტოლობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$1 \geq \frac{K^2}{N}$$

ანუ $N \geq K^2$ (16)

$$N \geq K^2.$$

ეს არის კოეფიციენტი, რომელიც აჩვენებს, თუ რამდენ ნაწილად უნდა დაანაწილოს B მხარემ რიცხობრივად ჭარბი მოწინააღმდეგე, რომელიც აღემატება მას K -ჯერ, რათა გაიმარჯვოს მის ყოველ $\frac{1}{N}$ ნაწილზე და N რაოდენობის ბრძოლის შემდგომ მიაღწიოს საბოლოო გამარჯვებას.

პირობითად, N კოეფიციენტს შეგვიძლია „დანაწევრების“ კოეფიციენტი ვუწოდოთ.

მაგალითი: თუ B მხარეს ჰყავს ათი მეგრძოლი ერთეული, ხოლო R მხარეს – ორმოცი (ანუ $K=4$), B მხარეს შეეძლება მოუგოს ბრძოლები მოწინააღმდეგეს საბოლოოდ იმ შემთხვევაში, თუ მას არანაკ-

ლებ $N \geq K^2 \geq 16$ ბრძოლას გაუმართავს და თითოეულ ბრძოლაში შეეებება მის $\frac{1}{16}$ ნაწილს, ე.ი. არა უმეტეს მის 2,5 საბრძოლო ერთეულს.

ზემოთ მოყვანილი მაგალითიდან ჩანს, რომ B მხარე დაამარცხებს R მხარეს, თუ დააკმაყოფილებს პირობას, როდესაც ყველა ბრძოლაში მას მიაყენებს არანაკლებ $R_d \geq \frac{K \cdot X_0}{N}$ დანაკარგს (რადგან $N \geq K^2$, R_d უნდა იყოს $\frac{X_0}{K}$ -ზე არანაკლები), ხოლო საკუთრივ B მხარის დანაკარგი (B_d) არ აღემატება $X_0 - X_1$ -ს ანუ

$$B_d \leq X_0 - X_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{K}{N}\right)^2} \leq X_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{K^2}}\right) \quad (17)$$

იქმნება უტოლობათა სისტემა.

$$\begin{cases} R_d \geq \frac{X_0}{K} \\ B_d \leq X_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{K^2}}\right) \end{cases} \quad (18)$$

შევადართ, როგორი უნდა იყოს შეფარდება ორივე მხარის დანაკარგს შორის, რათა დაკმაყოფილდეს საძებნი წინაპირობა.

$$\frac{R_d}{B_d} = \frac{\frac{X_0}{K}}{X_0 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{K^2}}\right)} = \frac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}} \quad (19)$$

(19) გამოსახულება წარმოადგენს მხარეთა დანაკარგების შეფარდებას ბრძოლის წინა ეტაპზე, საიდანაც ჩანს, რომ თუ B მხარე დააკმაყოფილებს ამ პირობას და ბრძოლის იმ მომენტში, როდესაც თვითონ განიცდის დანაკარგს ერთი საბრძოლო ერთეულით, მას R მხარისათვის ამ დროს უკვე მიყენებული

ექნება ზარალი $R_d \geq \frac{1}{K - \sqrt{K^2 - 1}}$ ოდენობით, მაშინ იგი საბოლოოდ მოიგებს ომს, წინააღმდეგ შემთხვევაში – წააგებს.

მოულოდნელობის ეფექტის გამოყენებით ჭარბი ძალის მქონე მოწინააღმდეგის – R-ის დამარცხება შეუძლია მცირერიცხოვან B ძალას. ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია მცირერიცხოვანმა ძალამ ბრძოლება აწარმოოს მოწინააღმდეგესთან ისეთი გათვლით, რომ თითოეულ შეტაკებაში ყოველი ერთი f დანაკარგი ტოლი ან მეტი იყოს K სიდიდის ორმაგი მნიშვნელობისა. ის მოწინააღმდეგეს ზიანს აყენებს ისე, რომ თვითონ ჯერ დანაკარგი არ განუცდია. იმ მომენტში, როდესაც მოწინააღმდეგე შეძლებს მიაყენოს B მხარეს რაღაც f დანაკარგი, მაშინ მოწინააღმდეგე მხარის დანაკარგი აღემატება $B_d \geq 2Kf$ -ს და B მხარე იგებს ბრძოლას. მისთვის მთავარია, ბრძოლა ისე დაგეგმოს და აწარმოოს, რომ ხელსაყრელ პერიოდში „ამოაკლოს“ მოწინააღმდეგეს დანაკარგების წინასწარ გათვლილი სიდიდე და გავიდეს კონტაქტიდან. ამის გათვალისწინებით გამოსახულება იღებს შემდეგ სახეს:

$$\begin{cases} B_d \leq f, \\ R_d \geq 2 \cdot K \cdot f. \end{cases} \quad (20)$$

დავუშვათ, არსებობს დროის რაღაც Δt მონაკვეთი, როდესაც B მხარე იწყებს ზემოქმედებას R მხარეზე, ხოლო ეს უკანასკნელი ჯერ ვერ პასუხობს მას ანუ მისი მსროლელი ერთეულები ან ვერ აწარმოებენ საპასუხო სროლას საბრძოლო მდგომარეობაში არყოფნის გამო, ან მათი სროლის ეფექტურობა ნულის ტოლია. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს სადაზვერვო ინფორმაციის არქონა. ამიტომ ვერ ხორციელდება დამიზნებით სროლა. ე.ი., დროის Δt მონაკვეთით

სათვის B მხარეს ეყოლება ისევ X_0 რაოდენობის საბრძოლო ერთეულები, ხოლო დანაკარგები, რასაც R მხარე განიცდის, გამოსახული იქნება წრფივი სიდიდით:

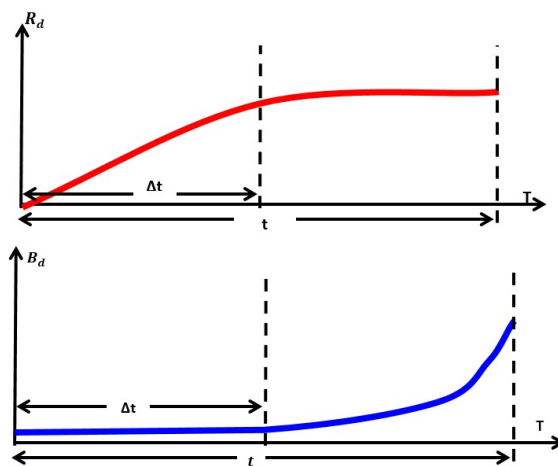
$$R_d = X_0 \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (21)$$

სადაც β არის B მხარის საბრძოლო ერთეულის ეფექტური სწრაფსროლა.

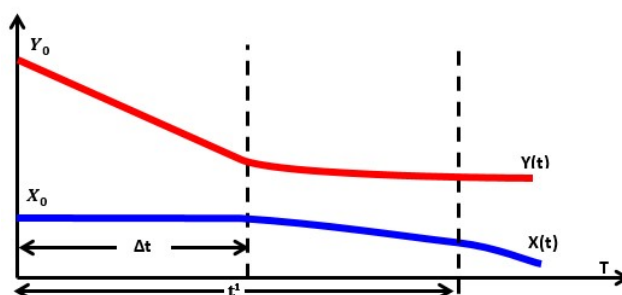
ამ გამოსახულების „სწორხაზოვნება“ ნიშნავს იმას, რომ ჯერჯერობით ლანჩესტერის განტოლებათა სისტემა „არ მუშაობს“. იგი „ამუშავდება Δt დროის შემდეგ, როცა R მხარე „გონს მოვა“, მოი-

პოვებს რაღაც რაოდენობის სადაზვერვო ინფორმაციას, მოვა საბრძოლო მზადყოფნაში და შეუდგება დამიზნებით სროლას. გარკვეული დროის შემდგომ მისი სწრაფსროლა რაღაც კანონზომიერებით გაუტოლდება თავის მაქსიმუმს.

გრაფიკულად ამ დამოკიდებულებას ექნება ისეთი სახე, როგორც პირველ სურათზეა გამოსახული, ხოლო დაუზიანებელი (გადარჩენილი) ძალების რიცხოვრივი რაოდენობა $X(t)$ და $Y(t)$ ბრძოლის ნებისმიერი მომენტისათვის ზოგადად დახასიათდება გრაფიკით, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-2 სურ-ზე.



სურ. 1. R და B მხარეების დანაკარგების გრაფიკი



სურ. 2. დაუზიანებელი (გადარჩენილი) ძალების რაოდენობა დროის მიხედვით

Δt დროის ის მონაკვეთია, როცა B მხარე ცალსახად იგებს ბრძოლას, ამ დროის განმავლობაში β მაქსიმალურია, ხოლო R მხარის საბრძოლო ერთეულის ეფექტური სწრაფსროლა $\alpha=0$. ბრძოლის სცენარში ეს თეორიულადაც და პრაქტიკულადაც შესაძლებელია B მხარის მიერ ფარულობისა და მოულოდნელობის ელემენტების მაქსიმალურად გამოყენებით. უნდა ვივარაუდოთ, რომ Δt დროის შემდეგ R მხარე მოახერხებს გარკვეული ინფორმაციის მოპოვებას, რის შემდეგაც α დაიწყებს ზრდას. თეორიულად შესაძლებელია, რომ იგი ნულიდან მყისიერად გახდეს მაქსიმალური, მაგრამ ამას არსებითი მნიშვნელობა არ აქვს. მთავარია, რომ არსებობს დროის რაღაც t_1 მონაკვეთი, როდესაც B მხარისათვის ბრძოლის წარმოება ჯერ კიდევ მიზანშეწონილია, ხოლო დროის ამ მონაკვეთის ამოწურვის შემდეგ B მხარე იწყებს წაგებას.

t_1 ის კრიტიკული დროა, სადაც ჯერ კიდევ უტოლობათა სისტემას აკმაყოფილებს მოცემული ამონახსნები ანუ როცა „ამოკლების“ კოეფიციენტის მოთხოვნა ჯერ კიდევ სრულდება.

t_1 დროის შემდეგ B_a დანაკარგების რაოდენობა იზრდება, ამიტომ B მხარე უნდა გაერიდოს ბრძოლას ან ამ მონაკვეთზე დატოვოს ბრძოლა და მაშინვე

შექმნას ფარულობის სრული დაცვით მოულოდნელობის ახალი მომენტი უკვე სხვა მონაკვეთზე, ბრძოლა კი ახალი სცენარით გააგრძელოს, ოღონდ ისევ იმავე პრინციპების დაცვით. რაც უფრო მეტი ახალი სცენარი იქნება მომზადებული და რაც უფრო ხშირად ჩავარდება მოწინააღმდეგე მისთვის უცხო ვითარებაში, მით უფრო ჩქარა ამუშავდება მისი დამარცხების ისეთი ფაქტორები, რომლებიც მართომატიკური დანაკარგების სიდიდით არ განისაზღვრება.

დასკვნა

ნაშრომში გამოყენებული აპრობირებული და ახალი მათემატიკური მოდელები საშუალებას იძლევა გაანალიზდეს ასიმეტრიულ ბრძოლებში ცეცხლის წარმოების ეფექტურობა, რათა ლურჯმა ძალამ (პარტიზანებმა) მიზანმიმართულად გაანაწილოს საბრძოლო ძალა და ჩამოაყალიბოს მოწინააღმდეგის დანაწევრებისა და დამარცხების ოპტიმალური მოდელი. მათემატიკურად გამოანგარიშებული მოულოდნელობის ეფექტი ასევე ძირითადი დასკვნების საშუალებას იძლევა ასიმეტრიული ტაქტიკის სწორად გამოყენებისთვის.

ლიტერატურა

1. Barkalaia, G., Melashvili, D. (1997). On the mathematical model of combat dynamics and its application. *Military Equipment*, 5 (In Georgian);
2. Barkalaia, G. (1996). Game Theory and Decision Making in a Conflict Situation. *Military Equipment*, . (In Georgian);
3. Barkalaia, G., Melashvili, D. (2001). Mathematical model of combat dynamics in the conditions of territorial distribution of hostilities. *Proceedings of the National Defense Academy*, 1 (In Georgian);
4. Washburn, A., Kress, M. (2009). *Combat Modeling*. Springer: New York, NY, USA;
5. Kress, M. (2012). Modeling armed conflicts. Retrieved from science.org: <https://syr.us/Rxj>

6. Lanchester, F.W. (1916). Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm. *Constable and Co.: London, UK*;
7. Brown, G., Washburn, A. (2007). The Fast Theater Model (FATHM). *Military Operations Research*;
8. Sahni, M., Das, S.K. (2015). Performance of maximum likelihood estimator for fitting Lanchester equations on KurskBattle data. *J. Battlef. Technol, 18*, 23-30;
9. Lucas, T.W., Turkes, T. (2004). Fitting Lanchester equations to the battles of Kursk and Ardennes. *Naval Research Logistics, 51*;
10. Eldridge, S.A., Mesterton-Gibbons, M. (2003). Lanchester's attrition models and fights among social animals. *Behavioral Ecology 14* (5), 719–723. DOI: 10.1093/beheco/arg061;
11. Deitchman, S. J (1962). A Lanchester model of guerrilla war. *Operations Research, 10*(6).
<https://doi.org/10.1287/opre.10.6.818>;
12. Kress, M., MacKay, N. (2014). Bits or Shots in Combat? The Generalized Deitchman Model of Guerrilla Warfare. *Operations Research Letters, 42*(1), DOI: 10.1016/j.orl.2013.08.004;
13. Kress, M., Caulkins, J.P., Feichtinger, G., Grass, D., Seidl, A. (2018). Lanchester model for three-way combat. *European Journal of Operational Research, 264* (1), 46-54;
14. Ventcel, E.S. (1964). *Introduction to Operations Research*. Moscow: Soviet radio. (In Russian);
15. Mityukov, N.V. (2011). *Simulation in military history*. Ed. 2. – Moscow: Publishing house of LCI, (In Russian);
16. Novikov, D.A. (2012). Hierarchical models of military operations. *Management of large systems, 37* (In Russian).

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-80-91>

Mathematical Models for Asymmetric Warfare

Levan Maisuradze Department of Civil and Industrial Engineering, Technology and Building Materials, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str.
E-mail: maisuradze.l@gmail.com

Reviewers:

M. Sanikidze, Major, Professor, Institute of Construction, Special Systems and Engineering, GTU
E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

T. Shubladze, Retired Major General, Professor, Institute of Construction, Special Systems and Engineering, GTU
E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Abstract. Differential equations developed by William Lanchester for combat models are still used by military theorists in traditional and asymmetric wars. The paper focuses on the asymmetric situation encountered in narrow exits on the battlefield, where it is impossible to concentrate the entire firepower. Based on the application of the Lancaster Equation, it is determined that in order to achieve parity, it is necessary to destroy targets by sequentially massaging fire. The mathematical model proposed for the destruction of forces by divisions even allows to determine how to divide the opposing forces into the optimal number for each battle. Based on the research, the influence of

the time factor on the element of surprise is determined and a mathematical model is developed, which can determine the effective period of fighting the opponent.

Keywords: asymmetric war; element of surprise; mathematical model; the Lanchester equation.

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

[HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-80-91](https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-80-91)

Математические модели асимметричной войны

Леван Маисурадзе Департамент технологии гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б
E-mail: maisuradze.l@gmail.com

Рецензенты:

М. Саникидзе, майор, профессор Института строительства, специальных систем и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

Т. Шубладзе, генерал-майор в отставке, профессор Института строительства, специальных систем и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Аннотация. Дифференциальные уравнения, разработанные Уильямом Ланчестером для боевых моделей, до сих пор используются военными теоретиками в традиционных и асимметричных войнах. В статье рассматривается асимметричная ситуация, возникающая в узких выходах на поле боя, где невозможно сосредоточить всю огневую мощь. На основе применения уравнения Ланчестера определено, что для достижения паритета необходимо уничтожать цели последовательным массированным огнем. А предложенная математическая модель поражения войск дивизиями позволяет определить, как разделить противоборствующие силы на оптимальные количества для каждого боя. На основе исследования определяется влияние фактора времени на эффект внезапности и разработана математическая модель, которая позволяет определить эффективный период борьбы с противником.

Ключевые слова: асимметричная война; математическая модель; уравнение Ланчестера; фактор внезапности.

განხილვის თარიღი 16.11.2021

შემოსვლის თარიღი 19.11.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-92-104>

თანამედროვე ტექნოლოგიების გავლენა საბრძოლო მოქმედებებსა და სამხედრო გადაწყვეტილების მიღებაზე

**იოსებ
ავსაჯანიშვილი** სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიისა და საშენი
მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: sosoavs@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. სანიკიძე, სტუ-ის ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის
ინსტიტუტის პროფესორი, მაიორი

E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

თ. შუბლაძე, სტუ-ის ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის
ინსტიტუტის პროფესორი, თადარიგის გენერალ-მაიორი

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

ანოტაცია. საზოგადოების განვითარების ისტორია და მისი მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი მუდმივად კორელაციაშია ომების ისტორიასთან. ადამიანის ცხოვრების დონის აღმავლობის სურვილი, სისწრაფე, მისი მაღალხარისხობრივი მაჩვენებლისკენ სწრაფვა მუდმივად დაკავშირებული იყო გამოგონებებთან, ტექნოლოგიურ სიახლეებთან და მათი განვითარების უწყვეტ პროცესთან. ამ მხივ გამონაკლისი არც სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერებისა და მრეწველობის სფერო იყო.

წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია 21-ე საუკუნის ომების პირობებში თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებისა და ზეზუსტი ინტელექტუა-

ლური საბრძოლო იარაღის მნიშვნელობა. აქ საუბარია სადაზვერვო დანიშნულებისა და კინეტიკური დარტყმის შესაძლებლობის მქონე დრონების როლზე საბრძოლო მოქმედებებში და მათი მხარდაჭერის საკითხზე კოსმოსური ბაზირების სისტემებით. ამან გადაშალა ახალი ეპოქალური ფურცელი თანამედროვე ომის ხელოვნებაში და მიანიშნა თანამედროვე ომის სახეცვლილებაზე. ნაშრომში განხილულია ის თავისებურებები, რომლებიც რეალურად გამოჩნდა საჰაერო-კოსმოსურ და კიბერსივრცეში მიმდინარე საომარი მოქმედებებისას. ნაჩვენებია ამ მოქმედებებთან სინთეზში არსებული ის გამოწვევები და პრობლემები, რომლებიც სამხედრო გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის თანმდევა.

სტატიაში ასევე მოცემულია სადაზვერვო და გამანადგურებელი უპილოტო საფრენი აპარატების როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე ფართომასშტაბიან, თუ ლოკალურ, საბრძოლო მოქმედებების პირობებში, განსაკუთრებით კი ისეთი პატარა ქვეყნისთვის, როგორც საქართველოა.

საკვანძო სიტყვები: ბაზირების სისტემები; დრონი; კოსმოსური სივრცე; საჰაერო-კოსმოსური სისტემა; ტექნოლოგიური ომი; უპილოტო ტექნოლოგიები.

შესავალი

1944 წლის 27 სექტემბერს, კუნძულ ბუგენვილის სანაპიროზე მიტოვებულ სავაჭრო გემზე ბაზირებული იაპონიის საიმპერატორო არმიის ჰაერსაწინააღმდეგო ბატარეის პერსონალმა შენიშნა ოთხი ამერიკული თვითმფრინავი, რომლებიც მიემართებოდნენ მათი მიმართულებით. მათ მიერ გახსნილი ცეცხლის შედეგად ორი თვითმფრინავი ჩამოაგდეს ხომალდიდან მოშორებით, ხოლო ორი მოხვდა პირდაპირ მიზანს და ბატარეა განადგურდა. აღნიშნული ინფორმაცია იაპონელთა შტაბში ჩაითვალა რუტინულად, მაგრამ აშშ-ის საზღვაო ძალების შტაბის მხოლოდ შეზღუდულმა წრემ იცოდა, რომ ეს შემთხვევა გამოირჩეოდა ჩვეულებრივი სამხედრო ინციდენტებისგან. უფრო მეტიც, იმ პერიოდისთვის, სავარაუდოდ, ვერავინ ხვდებოდა, რომ ეს შემთხვევა შევიდა ისტორიაში როგორც საბრძოლო ვითარებაში დრონების კინეტიკური გამოყენების პირველი პრეცედენტი.

საქმე ისაა, რომ ოთხივე თვითმფრინავი იყო სპეციალურად აღჭურვილი ორძრავიანი საფრენი აპარატის ვერსია, რომელიც იმართებოდა დისტანციურად და ატარებდა დაახლოებით 900-კილოგრამიან თითო სავიაციო ბომბს. აღნიშნული დრონები იყო TDR-1 მოდელის საფრენი აპარატები, რომელთა შექმნის და გამოყენების პროექტი დაიწყო 1942 წელს აშშ-ის სამხედრო-საზღვაო ძალების ოფიცერ დელმარ ფარნის ინიციატივით. ამ პროგრამის ფარგლებში, საბრძოლო მოქმედებების თეატრში გაიგზავნა 46 ერთეული TDR-1 ტიპის საფრენი აპარატი, რომელთაგან 15 დაიკარგა ისე, რომ მიზნამდე ვერ მიაღწია, ხოლო დანარჩენებიდან მხოლოდ ნახევარმა შეძლო მიზნამდე მიღწევა მეტ-ნაკლებად ზუსტი დარტყმის შედეგით.

შეიძლება ითქვას, რომ ამ ეტაპისთვის ეს შედეგი იყო საკმაოდ შთამბეჭდავი და განსაკუთრებით TDR-1-ის საბრძოლო ოპერირების რადიუსის 160 საზღვაო მილამდე გაზრდის შემდეგ. თუმცა ამ პროგრამას თან ახლდა სერიოზული შეზღუდვები, რადგან დრონების გამოყენება შესაძლებელი იყო მხოლოდ დიდგაბარიტიანი ობიექტების წინააღმდეგ, რომლებიც კარგად ჩანდა არცთუ ისე მაღალი ხარისხის ტელეკამერაში.

საბოლოოდ, 1944 წლის ოქტომბერში, ყველა TDR-1 გამოყვანილი იყო საბრძოლო მოქმედებების თეატრიდან და შეიძლება ითქვას, რომ, ეს პროექტი გახდა სამხედრო-პოლიტიკური ინტრიგების მსხვერპლი, რადგან აშშ-ის ხელისუფლების უმაღლეს ემელონებში ვერ განჭვრიტეს ამ პროექტის სამომავლო პოტენციური შესაძლებლობები [1].

შეიძლება ითქვას, რომ დრონების კინეტიკური ფუნქციის რენესანსი დაიწყო 2002 წლის ნოემბრის

დასაწყისიდან, როდესაც ცენტრალური სადაზვერ-
ვო სააგენტოს კუთვნილი დრონიდან განხორციელ-
და დარტყმა (*Hellfire სისტემის რაკეტით*) ავტომან-
ქანაში მჯდომ ალ-ქაიდას რამდენიმეკაციან ტე-
რორისტულ ჯგუფზე იემენში [2]. II მსოფლიო ომის
დროინდელი წინამორბედისგან განსხვავებით, ეს
დარტყმა გამოირჩეოდა დიდი სიზუსტით და ნათ-
ლად აჩვენა უპილოტო სისტემების პოტენციური
თანამედროვე ომში. შესაბამისად, თამამად შეიძ-
ლება ითქვას, რომ ამ შემთხვევამ გადაშალა ახალი
ფურცელი თანამედროვე ომის ხელოვნებაში და
მიანიშნა თანამედროვე ომის ტრანსფორმაციაზე.

რა სახის ცვლილებები მოახდინა უპილოტო
ტექნოლოგიების განვითარებამ თანამედროვე ომის
ხელოვნებაში? რამდენად შეუწყო ამას ხელი კოსმო-
სური სივრცის ათვისებამ და კოსმოსური ბაზირე-
ბის სისტემების სულ უფრო ფართო და აქტიურმა
გამოყენებამ? რა მორალურ-ფსიქოლოგიური, სო-
ციალური და პოლიტიკური თავისებურებები მოჰყ-
ვა საბრძოლო ველზე უპილოტო მართვადი სის-
ტემების გამოჩენას? წინამდებარე სტატია წარმოად-
გენს მცდელობას პასუხი გასცეს ამ და სხვა თანამ-
დევ საკითხებს.

ძირითადი ნაწილი

კოსმოსი როგორც პოტენციური ბრძოლის ველი

ადამიანის არსებობის მრავალსაუკუნოვან ის-
ტორიაში, ჩვეულებრივად ომები მიმდინარეობდა
ორ ძირითად სივრცეში – სახმელეთო და საზღვაო.
გასული საუკუნის საწყისმა ეტაპმა, განსაკუთრე-
ბით კი პირველმა მსოფლიო ომმა აჩვენა, რომ საბრ-
ძოლო მოქმედებები გადავიდა საჰაერო სივრცეში,

მაგრამ მეოცე საუკუნის II ნახევრიდან კოსმოსური
სივრცე უკვე განიხილებოდა როგორც პოტენციური
ბრძოლის ველი. ეს ყველაფერი განაპირობა მუდ-
მივმა ტექნოლოგიურ პროგრესმა, რომლის ერთ-
ერთ მასტიმულირებელ ფაქტორად ყოველთვის
ითვლებოდა ქვეყნების სამხედრო-პოლიტიკური
ინტერესები (*ერთმანეთზე სამხედრო უპირატესო-
ბის მოპოვებით*).

საგულისხმოა, რომ კოსმოსური დაზვერვისა და
კოსმოსური თავდაცვის მნიშვნელობა საქართვე-
ლოს თავდაცვითი ძლიერების საქმეში. არანაკლებ
მნიშვნელოვანია ქვეყნის ეკონომიკური განვითარე-
ბის, ცალკეული სახელმწიფო სამოქალაქო ორგანი-
ზაციებისა თუ კერძო კომერციული სუბიექტების
მუშაობის ხელშეწყობისათვის.

თანამედროვე ტექნოლოგიური ომი წარმოუდ-
გენელია თანამგზავრული ბაზირების მართვისა და
კონტროლის სისტემების გამოყენების გარეშე (*რო-
გორიცაა სპეციალური ოპერაციების ძალებთან და-
ხურული კავშირგაბმულობის არხები*). კოსმოსური
დაზვერვა ხელს უწყობს ისეთ რაიონებსა და ობიექ-
ტებზე თვალთვალს, რომელიც მიუწვდომელია სა-
დაზვერვო ავიაციისთვის, ხოლო გლობალური პო-
ზიციონირების სისტემის პლატფორმაზე მართვადი
ბომბები და რაკეტები გამოირჩევა დიდი სიზუსტით
სტაციონარული ობიექტების განადგურებაში.

თითქმის ნახევარი საუკუნეა, რაც დაწყებულია
და ხორციელდება კოსმოსურ სისტემებზე სამეც-
ნიერო-კვლევითი სამუშაოები, მათი შექმნა და
შემდგომი გამოყენება თანამედროვე ომებსა და
შეიარაღებულ კონფლიქტებში. დღეს დასამალი
აღარაა, რომ ეს სისტემები აქტიურად იყო ჩართუ-
ლი როგორც თალიბების წინააღმდეგ ავღანეთში,

ისე სირიასა და ერაყში წარმოებულ საომარ მოქმედებებში და რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია „ისის“ (ე.წ. ისლამური სახელმწიფო) ტერორისტული ორგანიზაციებისა თუ დაჯგუფებების წინააღმდეგ წარმოებული საბრძოლო ოპერაციების მიმდინარეობისას. ამ ქვეყნებში ჩატარებული წარმატებული ცალკეული საბრძოლო ოპერაციების დადებით შედეგებში განსაკუთრებული როლი შეასრულა კოსმოსური სისტემებით მხარდაჭერის საკითხმა და მათმა ფართო გამოყენებამ.

„აშკარად ჩანს კოსმოსური სისტემებით უზრუნველყოფის პირობებში, საჰაერო და სარაკეტო თავდასხმის საშუალებათა გამოყენებით, ავიაციის მნიშვნელოვანი ძალების მოსპობამ და საჰაერო თავდაცვის სისტემების დათრგუნვამ, ასევე ენერგეტიკის და ინფრასტრუქტურის ობიექტების განადგურებამ მთლიანად დაანგრია ამ ქვეყნების ეკონომიკა და აიძულა ისინი დაჰყოლოდნენ აშშ-ის და ჩრდილოატლანტიკური ალიანსის მოთხოვნებს“ - აღნიშნავს პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტის გენერალური კონსტრუქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, გენერალ-მაიორი ელგუჯა მეძმარიაშვილი.¹

თუ გადავხედავთ დღევანდელი ცხოვრების რეალობას, აშკარად დავინახავთ, რომ საჰაერო-კოსმოსური სისტემები დღეს არა მხოლოდ სამხედრო-თავდაცვითი და სადაზვერვო-საინფორმაციო დაწინაურებით ადასტურებს თავის მნიშვნელობას, არამედ არის მეცნიერებისა და სამოქალაქო სექ-

ტორის (მაგალითად: ტელესაკომუნიკაციო, ჰიდრომეტეოროლოგიური, გეოგრაფიული და ა.შ.) თანამდეროვე ტექნოლოგიების განუყოფელი ნაწილი. ჯერ კიდევ რამდენიმე წლის წინ, დამოუკიდებელი საქართველოს პირობებში, ელგუჯა მეძმარიაშვილის მიერ არაერთხელ იყო დასმული საკითხი საჰაერო-კოსმოსური სისტემის შექმნის თაობაზე, რაც რეალურად განხორციელებადი საკითხია. სამწუხაროდ, 2001 წელს საქართველომ დაკარგა შანსი, შექმნილიყო პირველი ქართული სატელეკომუნიკაციო თანამგზავრი, რომელიც არა მხოლოდ დიდ ფინანსურ მოგებას მოუტანდა ქვეყანას, არამედ დღეს საკმაოდ წინ ვიქნებოდით საჰაერო-კოსმოსური სისტემების განვითარების თვალსაზრისით. ეს ხდებოდა ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც არ არსებობდა აზერბაიჯანის კავშირგაბმულობის კოსმოსური თანამგზავრი „აზერსატი“. ეს აპარატი გაუშვეს 2013 წელს და დღეს მისი მომხმარებელი ბევრი ქართული კომპანიაა. გარდა ამისა, დღეისათვის აზერბაიჯანს უკვე სამი ასეთი თანამგზავრი ჰყავს გაშვებული. ამ საკითხში საგულისხმოა ის მომენტი, რომ „აზერსატი“ შეიქმნა ამერიკის შეერთებული შტატების კომპანიის² მიერ დამზადებული თანამგზავრული პლატფორმის „STAR-2“-ის ბაზაზე, ხოლო ორბიტაზე მისი ფუნქციონირების ოპერატორია მაღაიზიური კომპანია³ [3]. ბატონი ელგუჯა მეძმარიაშვილი დღესაც პირდაპირ და გადაჭრით სვამს საკითხს, რომ საქართველოს უნდა ჰქონდეს თავისი საჰაერო-კოსმოსური სისტემა და ჩვენი ქვეყნის პი-

¹ ე. მეძმარიაშვილი, „საჰაერო-კოსმოსური დაცვის სისტემა და მისი, განსხვავებული და მიზნობრივი კონფიგურაციით, ორბიტული კომპლექსის შექმნის აუცილებლობა საქართველოში“, ჟურნ. „სამხედრო მეცნიერება“. საქართველო, თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, ISSN #1(001)2018;

² კომპანიის დასახელებაა „ორბიტალ საიანსის კორპორეიშენი“;

³ კომპანიის დასახელებაა „მეასატი“.

რობებში ამის განხორციელება სავსებით შესაძლებელია. თავის დროზე სწორი სახელმწიფო მიდგომისა და სწორი კომერციული გათვლის პირობებში, დღეს უკვე საქართველო იქნებოდა ერთ-ერთი რეგიონალური ლიდერი საჰაერო-კოსმოსური სისტემების განვითარების კუთხით.

სადაზვერვო-საინფორმაციო მხარდაჭერის თვალსაზრისით ძალიან მნიშვნელოვანია საჰაერო-კოსმოსური თავდაცვის სისტემები და ეს მნიშვნელოვანი სიახლეა ჩვენს ცხოვრებაში. ამ კუთხით ჩვენი მეგობარი ქვეყნების წარმომადგენელი სამხედრო სპეციალისტები პირდაპირ აღნიშნავენ, რომ პატარა ქვეყნებმა თვითონ უნდა მოაგვარონ ეს პრობლემა, რადგან ყოველთვის და ყველაფერში ვერავინ დაგვებმარება და განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საკითხი ეხება ტექნოლოგიურ კატასტროფებს, ბუნებრივ კატაკლიზმებს და სხვა სამოქალაქო უსაფრთხოების კუთხით საჭირო სასწრაფო ინფორმაციის მოწოდებას (*აქ იგულისხმება ის, რომ როდესაც კონკრეტულ ქვეყანას), რაც უნდა მეგობარი და რა დონის პარტნიორი ქვეყანაც უნდა იყოს იგი, ძალიან გაუჭირდება, ექსპლუატაციაში მქონე თავისი კოსმოსური სისტემების გადმორთვა და ორიენტაცია საქართველოს პრობლემაზე*). ასეთ შემთხვევაში, ისეთი პატარა და შეზღუდული რესურსების მქონე სახელმწიფოსთვის, როგორც საქართველოა, ოპტიმალური გამოსავალი იქნება საკუთარი ფინანსური და სამეცნიერო-ტექნიკური რესურსების ინვესტირება, როგორც მინიმუმ რეგიონალური მასშტაბის კოსმოსური ბაზირების აპარატების შექმნასა და გამოყენებაში [3]. მათი მეშვეობით შესაძლებელი იქნებოდა თავდაცვითი და სამოქალაქო საკითხების გადაწყვეტა.

სადაზვერვო და გამანადგურებელი უპილოტო საფრენი აპარატები. მათი როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე ომების პირობებში

უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება სტრატეგიული დაზვერვისას პირველად განხორციელდა კოსმოსური ხანის დადგომისას, როდესაც კოსმოსიდან მოხერხდა მოწინააღმდეგის სტრატეგიულ სიღრმეში არსებული ობიექტებისა და ინფრასტრუქტურის დადგენა/აღმოჩენა და პირველი ვიზუალური ინფორმაციის მიღება. პირველად ეს განხორციელდა აშშ-ის სადაზვერვო თანამგზავრ Discoverer/Corona-ს მიერ 1959 წელს (*საწყის ეტაპზე კოსმოსიდან კავსულით ჩამოჰქონდათ გადაღებული ფოტოფირები*). ამ პერიოდში პარალელურად მიმდინარეობდა საჰაერო დაზვერვა პილოტირებადი საფრენი აპარატების მეშვეობით, როგორცაა თვითმფრინავები U-2 და 1964 წლიდან Lockheed SR-71 Blackbird-ი. პილოტირებადი ფრენის სისუსტე იყო საჰაერო თავდაცვის სისტემების მეშვეობით თვითმფრინავების ჩამოგდების საფრთხე, რასაც მოჰყვებოდა სტრატეგიული ხასიათის პოლიტიკური შედეგები. ამის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ 1960 წლის მაისში ამერიკელი მზვერავი თვითმფრინავის U-2-ის ჩამოგდება სსრკ-ის ტერიტორიაზე (*მფრინავი ფრენის გარი პაუერსი გადარჩა, ტყვედ ჩავარდა და გაასამართლეს საბჭოთა კავშირში. შემდგომში იგი გაცვალეს საბჭოთა არალეგალ მზვერავ რუდოლოფ აბელში*) და 1962 წლის ოქტომბერში U-2-ის ჩამოგდება კუბის საჰაერო სივრცეში (*მფრინავი რუდოლოფ ანდერსონი დაიღუპა*).

ეს საჰაერო დაზვერვის სისტემები, საჰაერო თავდაცვის შესაძლებლობების განვითარებასთან ერთად გახდა საკმაოდ სახიფათო, რის გამოც სამხედ-

რო ხელმძღვანელობამ ორიენტაცია აიღო მისი-ბის ხანგრძლივობისა და კორექტირების აუცილებლობაზე. უკვე საჭირო გახდა უფრო მაღალ საჰაერო ემულონებში ფრენა და მარშრუტების კორექტირება საჰაერო თავდაცვითი სისტემების საცეცხლე სექტორების გვერდის ავლის მიზნით. ამას ემატებოდა ასევე საჰაერო დაზვერვის რაიონებში გასვლისთვის (ანუ ამ რაიონებამდე მისაღწევად) საჭირო დრო, რაც უკუპროპორციულად მოქმედებდა სადაზვერვო ინფორმაციის მოპოვების დროულობაზე (დამოკიდებული იყო სადაზვერვო თვითმფრინავის ბაზირების სიმორეზე დავალებაში მითითებული სადაზვერვო ობიექტებიდან). ამიტომ ბუნებრივია, კოსმოსური სისტემები სულ უფრო მეტ აქტუალობას იძენდა და ხდებოდა უფრო მოთხოვნილი იმ პერიოდთან მოყოლებული, რომლის აქტუალობა დღესაც გრძელდება და სულ უფრო კრიტიკული ხდება თანამედროვე ომების (და არა მარტო) ეპოქაში.

დღევანდელ ეტაპზე, თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად, ჩვენ გავხდით იმის მოწმენი თუ უპილოტო დაზვერვის სიმაღლე როგორ ჩამოვიდა კოსმოსური ორბიტიდან ტაქტიკურ დონეზეც კი. დღევანდელ პერიოდში, საჰაერო უპილოტო კომპონენტს ზოგჯერ კრიტიკული როლი აქვს სწრაფი ცვალებადი ბრძოლის ველის პირობებში. თანამედროვე უპილოტო აპარატების უპირატესობა არის მათ მიერ სადაზვერვო ვიზუალური ინფორმაციის ზუსტად აღქმის სეგმენტი რეალურ დროსა და გარემოში. ამ შემთხვევაში გამოირიცხება სადაზვერვო ჯგუფების მიერ წარმოებული დაზვერვისას (განსაკუთრებით კი აქტიურ სადაზვერვო მოქმედებების პროცესში) დამახასია-

თებელი ისეთი ცნობილი რისკი, რომელიც დაკავშირებულია ინფორმაციის შინაარსობრივ დამახინჯებასთან:

- მისი აღქმის სტადიაზე (განპირობებული პიროვნების თავისებურებებით, მისი ფსიქო-ემოციური მდგომარეობით, ლიმიტირებული დროის ფაქტორით და ა.შ.);
- აღქმასთან დაკავშირებულ გარე ზემოქმედების ფაქტორებზე (გამოწვეული კლიმატური პირობებით, აქტიური საბრძოლო მოქმედებებით, და სხვა);
- მიღებული ინფორმაციის გადმოცემის სტადიაზე (როდესაც ადამიანი საკუთარ აზრს ისე ვერ გამოთქვამს, რომ ზუსტად შეესაბამებოდეს რეალობას).

უპილოტო სისტემების როლი არ შემოიფარგლება მხოლოდ სადაზვერვო ფუნქციით. დაზვერვისა და მიზნის მინიშნების ფუნქციას დაემატა კიდევ მიზნის განადგურების ფუნქციაც. შესაბამისად, უპილოტო საჰაერო სისტემების განვითარებამ მნიშვნელოვანი ზეგავლენა მოახდინა ტრადიციულ ბრძოლის ველზე. ჩვენ შეგვიძლია განვიხილოთ ეს ზეგავლენა რამდენიმე ასპექტში:

- ვერტიკალურობა;
- მუდმივობა, ხანგრძლივობითობა (*persistence*) (დრონების უწყვეტი მოქმედებით სადაზვერვო რაიონის კონტროლი);
- სიზუსტე;
- დისტანცია (ანუ მანძილი);
- შერჩევითობა.

ვერტიკალურობა: ამაში შეიძლება ვიგულისხმოდ ის სივრცითი განზომილება, რომელიც განვითარდა საჰაერო ტექნოლოგიების წინსვლასთან ერ-

თად. ვერტიკალურობა განსაზღვრავს სამხედრო-პოლიტიკური ძალის ორ სპეციფიკურ ასპექტს: თვალთვალისა და პერპენდიკულარული შეტევის განხორციელების შესაძლებლობებს.

თვალთვალის შესაძლებლობის არსებობა იძლევა უპირატესობას, რომელსაც ზოგიერთი სამხედრო თეორეტიკოსი უწოდებს „სივრცის ფლობას“ (mastery of space). თვალთვალის წარმოებით, ბრძოლის ველზე მოქმედი აქტორები დაიყო ორ კატეგორიად: „დამკვირვებლები“ და „დაკვირვების ობიექტები“. ამან ბუნებრივად წარმოშვა ცოდნის ასიმეტრია, რომელიც თავისთავად ნიშნავს ერთი მხარის დომინირებას მეორეზე. აღნიშნული დომინირება არ შემოიფარგლება მხოლოდ საინფორმაციო უპირატესობით. მიღებული ინფორმაციის რეალიზება მიზნის განადგურების სახით, არის აბსოლუტური იმპერატივი ბრძოლის ველზე და ის მხარე რომელიც უმოკლეს ვადაში და მაქსიმალური ეფექტით ახორციელებს ამას (ანუ განადგურებას), ფლობს უპირატესობას. ამ ლოგიკით ვერტიკალური (ანუ საჰაერო) დარტყმების ფუნქცია ბუნებრივად დაემატა თანამედროვე დრონებს და ამის ნათელი მაგალითია „მთიანი ყარაბაღის“ 2020 წლის საბრძოლო მოქმედებები რა დროსაც თურქეთის წარმოების „ბაირაქტარ-2-ის“⁴ (Bayraktar 2) და ისრაელის წარმოების „ჰაროპის“⁵ (Harop) გამოყენებით ხდებოდა სომხეთის თავდაცვითი პოზიციების

დაზვერვა-აღმოჩენა და შემდგომში მათი განადგურება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად ვერტიკალური დარტყმების ფუნქციის უმეტესწილად ტაქტიკური ბუნებისა, მისი პროეცირება აისახება სტრატეგიულ დონეზე, რადგან ჰაერიდან უეცარი დარტყმის საფრთხე მოწინააღმდეგეში წარმოქმნის შიშს და აქვეითებს მის მორალურ მდგობას (ამის საუკეთესო მაგალითია სომხეთის შეიარაღებული ძალების პირადი შემადგენლობის მდგომარეობა 2020 წლის საბრძოლო მოქმედებებისას მთიან ყარაბაღში).

მუდმივობა/ხანგრძლივობა (persistence) განპირობებულია თანამედროვე დრონების ხანგრძლივი ბარაჟირების (ანუ ჰაერში დაკიდების/მორიგეობის) შესაძლებლობებით, მაგალითად: ამერიკული „MQ-9 Reaper-ის“⁶ ბარაჟირების სტანდარტული დრო არის ოცდახუთი საათი, ხოლო ისრაელის „ჰერონის“ (Heron⁷) – ორმოცი (ზოგიერთ შემთხვევაში 50) საათი. ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი შესრულებისთვის თითოეულ საფრენ აპარატს სჭირდება რამდენიმე ოპერატორი და მუდმივმოქმედი მართვისა და კონტროლის ცენტრი, სადაც ხდება დრონებისგან მიღებული ყველანაირი ინფორმაციის თავმოყრა და მათი ფრენისა და მოქმედების უშუალო მართვა. თანამედროვე ბრძოლის ველის ინტენსიური დინამიკა მოითხოვს საჰაერო სივრცის

⁴ ოპერატიული-ტაქტიკური დამრტყმელი უპილოტო საფრენი აპარატი. აღჭურვილია ლაზერული დამიზნების საბრძოლო რაკეტებით.
⁵ ე.წ. დრონი „კამიკაძე“ (ერთგვარი საბრძოლო მასალა) - ბარაჟირების შესაძლებლობის მქონე სადაზვერვო-დამრტყმელი უპილოტო საფრენი აპარატი;
⁶ სადაზვერვო-დამრტყმელი უპილოტო საფრენი აპარატი. მწარმოებელი აშშ, მაქსიმალური სიჩქარე 400 კმ/სთ, პრაქტიკული მოქმედების სიმაღლე 13000 მ. ზოგიერთ წყაროში მოხსენიებულია სახელწოდებით „Predator B“.
⁷ საშუალო სიმაღლეზე (10,5 კმ) და შორ დისტანციაზე მოქმედი სადაზვერვო უპილოტო საფრენი აპარატი.

მაქსიმალურ გაჯერებას (*შევსებას*) ოპერაციის რაიონის ეფექტური კონტროლისათვის.

უპილოტო სისტემების მუშაობის მუდმივობის/ხანგრძლივობის პრინციპს ამყარებს დაზვერვის წარმოების მუდმივობის პრინციპი. თანამედროვე ომის ხელოვნებაში აღნიშნულ მუდმივობის პრინციპში მოიაზრება სხვადასხვა ემელონიდან სადაზვერვო დაკვირვების განხორციელება და პირველ რიგში ეს არის კოსმოსური ბაზირების პლატფორმებიდან სადაზვერვო მუშაობა უწყვეტი ვიზუალური ინფორმაციების მიღების მიზნით (*აღნიშნული ასევე ბატონი ელგუჯა მეძმარიაშვილის პოზიცია*). ამას ემატება საჰაერო უპილოტო აპარატებზე მაღალი გარჩევადობის ოპტიკური სისტემების გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს ზემირების შესაძლებლობას და მათ აღმოჩენას ღამის პირობებშიც კი. პრაქტიკულად, თანამედროვე უპილოტო სისტემების მართვის არქიტექტურა არის კომპლექსური სტრუქტურა, რომელიც მოიცავს ინფორმაციის უწყვეტ ურთიერთგაცვლას, მართვის ცენტრებს, კოსმოსურ თანამგზავრებსა და დრონებს შორის. ეს უზრუნველყოფს უპილოტო აპარატების ურთიერთშენაცვლებას ოპერაციის რაიონში ამოცანების ცვალებადობის გათვალისწინებით ანუ როცა დაზვერვის ამოცანა კვადრატ A-ში შეიძლება შეიცვალოს განადგურების ამოცანით, კვადრატ B-დან აუცილებელი იქნება დამრტყმელი დრონის გადაადგილება, ხოლო მისი ჩანაცვლება მოხდეს კვადრატ A-ში მომუშავე სადაზვერვო დრონით. ამ მოქნილი მიდგომით პრაქტიკულად მიიღწევა დაზვერვის უწყვეტობის პრინციპის უზრუნველყოფა.

სიზუსტე. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ თანამედროვე დრონებმა უკვე დაიმსახურეს მაღალი

დამიზნების სიზუსტით გამორჩეული აპარატების ავტორიტეტი, რომლის შესაბამისად შესაძლებელია სამიზნე ობიექტის განადგურება პირველივე მცდელობისას. თუმცა, მიუხედავად მაღალხარისხოვანი პროგრამული ტექნოლოგიების სანდოობისა, ზოგიერთ შემთხვევაში ფიქსირდება (*უმეტესწილად ავღანეთისა და პაკისტანის ტერიტორიებზე*) დრონების შეცდომა და, შესაბამისად, სხვა ობიექტების განადგურება. უმეტესწილად ეს განპირობებულია დარტყმის განხორციელებამდე არსებული მცდარი სადაზვერვო ინფორმაციით. ეს საკითხი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს კონტრტერორისტული ოპერაციების პირობებში, როდესაც დღის წესრიგში დგას მჭიდროდ დასახლებულ რაიონებში მიზნების ლოკალიზაცია და განადგურება.

დრონის სიზუსტის ფაქტორს განსაზღვრავს მოქმედების სამი მახასიათებელი:

- მიზნის შესწავლისა და დახარისხების მეთოდი;
- მიზნის მიყოლა/მიდევნება ვიზუალური დაკვირვების საშუალებების გამოყენებით;
- მიზნის განადგურების მეთოდი.

მიზნების იდენტიფიცირება და დახარისხება მოითხოვს მკაფიო კრიტერიუმების შემუშავებას, რომელთა მიხედვით ხდება არსებული პოტენციური საფრთხის მატარებლების (*პიროვნებების*) განსაზღვრა და ამ საფრთხის მაგნიტუდის შეფასება. ამ კრიტერიუმების შემუშავება და განახლება მთლიანად სადაზვერვო ორგანიზაციების პერეოგატივას და ატარებს კომპლექსურ ხასიათს, რომელიც მოიცავს აგენტურული დაზვერვის, დაკითხვების, კიბერშპიონაჟს/კიბერდაზვერვას და ობიექტზე თვალთვალის სისტემებს (*როგორებიცაა „Cyber-*

hawk“⁸, Dirtbox⁹ და სხვა). ამ პრაქტიკის შედეგად შეიქმნა ტერორისტთა ვინაობის (სახელების) ციფრული არქივი, რომელიც მუდმივად განახლებადია. მაგალითად, აშშ-ში არსებობს ე.წ. „დისპოზიციის მატრიცა“¹⁰, რომელიც წარმოადგენს აშშ-ის ეროვნული უსაფრთხოების სააგენტოს (NSA), ცენტრალური სადაზვერვო სააგენტოსა (CIA) და სპეციალური ოპერაციების გაერთიანებული სარდლობის (JSOC – Joint Special Operations Command) ერთობლივ მონაცემთა ბაზას.

მიზნის მიყოლა/მიდევნება თანამედროვე პირობებში, ტექნიკურად შედარებით ადვილად განხორციელებადი ამოცანაა. რეალური დროის რეჟიმში (ანუ ე.წ. „ლაივ“ რეჟიმში) ტრანსლირების საშუალებები რეალურს ხდის სამიზნე ობიექტზე უშუალო დაკვირვების საშუალებას ნებისმიერი გეოგრაფიული ლოკაციიდან. ამასთან ერთად, ვირტუალური სივრცის საშუალებების მეშვეობით (აქ საუბარია ისეთ ვარიანტზე როგორცაა, მაგალითად, Google Earth-ის ვარიანტი) შესაძლებელია ობიექტის მოქმედებების პროგნოზირება ბრძოლის ველის ან ოპერაციის რაიონის ვირტუალიზაციის გზით – წინასწარ ჩატვირთული ან ამ მომენტისათვის ხელთ არსებული მონაცემების დამუშავების შედეგად (ქალაქის საგზაო მოძრაობის სქემის საფუძველზე შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს სამიზნე ობიექტის მოძრაობის მიმართულება კონკრეტულ

ქუჩასა თუ გზაჯვარედინზე და ეს მაშინ, როდესაც ჰერიდან/ზემოდან თვალთვალის პროცესში ფიზიკურად შეუძლებელია საგზაო მოძრაობის ნიშნების დანახვა) [4].

რაც შეეხება განადგურების მეთოდებს, აქ უნდა აღინიშნოს, რომ უპილოტო სისტემების მიერ დიდი სიზუსტის იარაღის გამოყენებამ, პრინციპულად ახალ საფეხურზე აიყვანა გადაწყვეტილების მიღების ფსიქოლოგიური ასპექტიც. მაგალითად, აშშ-ის საზღვაო ძალების მიერ შეიარაღებაში მიღებულია მცირე ზომის ლაზერული დამიზნების საბრძოლო იარაღი სახელწოდებით „სკალპელი“ (Scalpel), რომელიც გამოირჩევა დამიზნების დიდი სიზუსტით და მინიმალური თანმხლები დაზიანებით. აღსანიშნავია, რომ იგი განსაკუთრებით ეფექტურია უშუალო საჰაერო მხარდაჭერის პირობებში. ეს იარაღი გამოიყენება საბრძოლო მოქმედებებისათვის ქალაქის სივრცეში (ურბანულ რაიონებში) და სპეციალური ოპერაციების განხორციელებისას. აქვე აღსანიშნავია უპილოტო აპარატებზე ბაზირებული Hellfire სისტემის რაკეტის მოდერნიზება, რომელიც ასაფეთქებელი ნივთიერების ნაცვლად, მოწინააღმდეგესთან უშუალო კონტაქტამდე შლის დანის პირის მსგავს ბასრ ელემენტებს. შესაბამისად, დარტყმის შედეგად დაზიანებას იღებს მხოლოდ სამიზნე ობიექტი და გამორიცხულია მშვიდობიანი მოსახლეობის მსხვერპლი აფეთქების შედეგად. აღნიშნული რაკეტა გა-

⁸ დრონი – გამოიყენება სათვალთვალო ოპერაციებისთვის;

⁹ ფიჭური/მობილური კავშირის სიმულატორი, სატელეფონო მოწყობილობა, რომელიც ახდენს მობილური სატელეფონო კავშირის კომპიუტერულ იმიტაციას, ქმნის საკმაოდ ძლიერ სიგნალს და ამით „იძულებულს“ ხდის უმოქმედო მდგომარეობაში (ტელეფონები, რომლებსაც იმ მომენტში არ იყენებენ) არსებული მობილური ტელეფონების გადართვას მასზე.

¹⁰ გაშლილი ვიზუალიზაცია, რომელშიც შესულია ტერორისტული ორგანიზაციების სტრუქტურულ-იერარქიული მოწყობის სქემა, მათი მაღალი, საშუალო და დაბალი რანგის ლიდერების ვინაობის და ერთმანეთთან კავშირების ჩვენებით; ასევე, მათზე არსებული დოსიეები, მათი ლოკაციები და ა.შ.

მოიყენებოდა ალ-ქაიდას ტერორისტების წინააღმდეგ იემენში 2012 წელს და სირიაში 2017 წელს, როდესაც განადგურებულ იქნა ალ-ქაიდას ლიდერის მოადგილე აბუ ხაირ ალ მასრი [5].

სწორედ დიდი სიზუსტის იარაღის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს მშვიდობიან მოსახლეობაში მსხვერპლის ალბათობასა და მასშტაბებს. ამით განპირობებულია ის ტენდენცია, რომელიც შეინიშნება თანამედროვე სამხედრო-პოლიტიკური გადაწყვეტილებების პრაქტიკაში, კერძოდ, ხშირ შემთხვევაში (*განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ტერორისტების ცოცხალ ფარად იყენებენ სამოქალაქო პირებს*) მშვიდობიანი მოსახლეობის განადგურების შიში აღარ არის შემაკავებელი ფაქტორი დარტყმის განხორციელების შესახებ კრიტიკული პოლიტიკური გადაწყვეტილებების მიღებისას. იგივე ტენდენცია შეინიშნება ოპერატიული და ტაქტიკური დონის სამხედრო გადაწყვეტილებების მიღებისას, როდესაც გადაწყვეტილება დარტყმის განხორციელების შესახებ უყოყმანოდ (*დაუყოვნებლივ, როდესაც ბევრი ფიქრის დრო პრაქტიკულად აღარ რჩება*) მიიღება.

დისტანცია (*მანძილი*). თანამედროვე ომის პირობებში უპილოტო სისტემების გამოჩენამ ძირეულად შეცვალა ომის ორმხრივობის (*reciprocity of war*) პოსტულატი, რომელიც გულისხმობს იმას, რომ სამხედრო კონფლიქტში მონაწილე ორივე მხარე ერთდროულად და პრაქტიკულად თანაბრად განიცდის საბრძოლო მოქმედებებით გამოწვეულ ზარალს (*მსხვერპლი, ნგრევა, მშვიდობიანი მოსახლეობის ტანჯვა-წამება, და ა.შ.*). ტრადიციული ბრძოლის ველისათვის ეს პრინციპი ჩვეულებრივად დამახასიათებელი მომენტი იყო, ვინაიდან აქ-

ტორები ფიზიკურად იმყოფებოდნენ ერთ სივრცეში და ერთმანეთის პირისპირ (*ამის კარგი მაგალითებია ხელჩართული ბრძოლა, კონტრბატარეული ცეცხლი, ნებისმიერი პოზიციური ბრძოლა და მისთანები*). უპილოტო სისტემების გამოჩენასთან ერთად მოხდა ამ სისტემების ოპერატორების რადიკალური დისტანცირება ბრძოლის ველიდან, რომელიც გამოიხატება მისი ფიზიკური ადგილმდებარეობის სიშორით უპილოტოების საბრძოლო მოქმედებების არეალიდან (*ახლო აღმოსავლეთის რეგიონში, ისეთ ქვეყნებში როგორებიცაა: ავღანეთი, პაკისტანი, ერაყი, სირია, ლიბია, იემენი და ა.შ. მოქმედი აშშ-ის სადაზვერვო და დამრტყმელი დრონების ოპერატორები, უმეტესწილად ბაზირებული არიან აშშ-ის ტერიტორიაზე და მართვას ახორციელებენ თანამგზავრული კავშირის არხების მეშვეობით*). ამ გარემოებამ წარმოქმნა ფსიქოლოგიური ფენომენი, რაც გამოიხატება ოპერატორის ერთგვარ ემოციურ იზოლირებაში ბრძოლის ველიდან. ამ დროს, დრონის ოპერატორი, როგორც მეზობლი, თანამდევნი ფსიქო-ემოციური მდგომარეობით გასულია რეალური ბრძოლის ველიდან და მისთვის ყოველივე ეს ქცეულია ერთგვარ „კომპიუტერულ თამაშად“ (*მის მიერ დრონების ოპერირებით გამოწვეულ საბრძოლო შედეგებს იგი ფიზიკურად ისევე ვერ გრძნობს, როგორც ჩვეულებრივი კომპიუტერული თამაშებისას*). შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოხდა არამარტო ფიზიკური დისტანცირება, არამედ სოციო-ფსიქოლოგიურიც, ვინაიდან სახეზეა „ძალადობა-მსხვერპლის“ ტრადიციული პრობლემური ჯაჭვის გარღვევა (*მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი განხორციელებულ ძალადობასა და დამდგარ შედეგს შორის*).

შერჩევითობა. შერჩევითობის ასპექტის მთავარი და მნიშვნელოვანი მომენტი არის ის, თუ რამდენად ობიექტურად და სწორადაა შეფასებული წარმოქმნილი საფრთხე და რამდენად ადეკვატურია წინმსწრები მოქმედებით ობიექტის ნეიტრალიზაციის ღონისძიებები. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, საფრთხის ხარისხი შეფასებული უნდა იყოს მისი ალბათობისა და სავარაუდო ზიანის პოტენციალის კრიტერიუმების გამოყენებით. ეს მნიშვნელოვანია თანამედროვე საერთაშორისო ჰუმანიტარული კანონმდებლობის თვალსაზრისით, რადგან საფრთხის გარდაუვალობა არის კრიტიკული კომპონენტი წინმსწრები დარტყმების ლეგიტიმურობის შეფასებისას.

თანამედროვე უპილოტო სისტემების სფეროში ტექნოლოგიების განვითარება დიდად ეხმარება ზემოაღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტას, ვინაიდან შესაძლებელია უფრო დახვეწილი და მაღალი დონის ოპტიკური სისტემების გამოყენებით ბრძოლის ველზე და სამიზნე ობიექტებზე ვიზუალური კონტროლი. შესაბამისად, როგორც შედეგი, მკვეთრად მცირდება დარტყმის რაიონში მშვიდობიანი მოსახლეობის უცარი გამოჩენა და შეცდომის დამკვეთი საფრთხის მატარებელი სუბიექტების იდენტიფიცირებაში, რაც თავისთავად ამცირებს თანმხლები დანაკარგების (collateral damage) ალბათობას მშვიდობიან მოსახლეობაში [4].

დასკვნა

თამამად შეიძლება ითქვას, რომ კაცობრიობა შევიდა უპილოტო ომების ეპოქაში, რამაც რადიკალურად შეცვალა თანამედროვე ბრძოლის ველი. აღნიშნული თემა აქტუალურია მცირე ქვეყნებისთვისაც და უაღრესად მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, ვინაიდან უპილოტო საჰაერო სისტემების გამოყენება არ კარგავს თავის მნიშვნელობას მოწინააღმდეგის მხრიდან საჰაერო ბატონობის პირობებშიც კი. უპილოტო სისტემების განვითარებას აქვს როგორც ოპერატიული (*მრავალფუნქციურობა*) ასევე ეკონომიკური ეფექტი (*უფრო იაფია ტრადიციულ საჰაერო პლატფორმებთან შედარებით*). აღნიშნულის გათვალისწინებით აუცილებელია კომპლექსური სახელმწიფოებრივი მიდგომა ამ საკითხთან, რათა დაიწყოს უპილოტო პლატფორმების სეგმენტის განვითარება არა მხოლოდ წარმოებისა და გამოყენების კუთხით, არამედ ქვეყნის უსაფრთხოების არქიტექტურაში მათი ინტეგრირების თვალსაზრისით კონვენციური და არაკონვენციური (*როგორებიცაა ტექნოგენური კატასტროფები, ძებნისა და გადარჩენის ოპერაციები, არაკონტროლირებად ტერიტორიებზე საინტერესო ობიექტების/პირების შესახებ „დატა ბეიზებისთვის“ მონაცემების მოპოვება*) გამოწვევების საპასუხოდ.

ლიტერატურა

1. Lerner, P. (2017, September 19). *The First Drone Strike—in 1944*. Air & Space Magazine. Retrieved from: <https://www.airspacemag.com/military-aviation/drone-strike-180964753/>
2. Horton, M. (2017, September 11). *Drone Warfare in Yemen: A Catalyst for the Growth and Evolution of AQAP*. Jamestown. Retrieved from: <https://jamestown.org/program/drone-warfare-in-yemen-a-catalyst-for-the-growth-and-evolution-of-aqap/>

3. Medzmariashvili, E. (2018). Air-space protection system and the need to create an orbital complex in Georgia with its different and purposeful configuration. *Journal of Military Science, (1)*, p. 10, 17;
 4. *Drone warfare and the metamorphosis of battlefield: security, space and technology / Student Repository*. (2018, August 31). Universiteit Leiden. Retrieved from:
<https://studenttheses.universiteit leiden.nl/handle/1887/63772>
 5. Lubold, G., & Strobel, W. P. (2019, May 9). *Secret U.S. Missile Aims to Kill Only Terrorists, Not Nearby Civilians*. WSJ. Retrieved from: <https://www.wsj.com/articles/secret-u-s-missile-aims-to-kill-only-terrorists-not-nearby-civilians-11557403411>
-

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-92-104>

Impact of Modern Technologies on Combat and Military Decisions

Ioseb Avsajanishvili

Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68⁶ M. Kostava str.
E-mail: sosoavs@gmail.com

Reviewers:

M. Sanikidze, Major, Professor, Institute of Construction, Special Systems and Engineering, GTU

E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

T. Shubladze, Retired Major, General, Professor, Institute of Construction, Special Systems and Engineering, GTU

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Abstract. The history of the society development and its scientific and technological progress is constantly correlated with the history of wars. The desire to raise a person's standard of living, the rapid pace of life and the aspiration to its high quality have always depended on inventions, technological innovations and the continuous process of development. Military science and the military industry are no exception.

The importance of using modern technologies and precision intellectual weapons in a 21st century war is discussed. The issue of reconnaissance drones and the kinetic-strike capability of drones in combat is highlighted, as well as their support by space-based systems. This opened a new era in the art of modern warfare and pointed to the transformation of modern warfare. The article discusses features that have actually emerged in combat in airspace and cyberspace. All the challenges and problems that accompany military decision-making process are shown in the synthesis of these actions. The role and significance of reconnaissance and fighter drones in modern large-scale or local combat operations, especially for a small country like Georgia, are also discussed.

Keywords: aerospace system; drone; outer space; technological war; unmanned technologies.

UDC 355/359

SCOPUS CODE 2205

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-92-104

Влияние современных технологий на боевые и военные решения

Иосებ

Авსაძვანიშვილი

Департамент технологии гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^b

E-mail: sosoavs@gmail.com

Рецензенты:

М. Саникидзе, майор, профессор Института строительства, специальных систем и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: m.sanikidze@gtu.ge

Т. Шубладзе, генерал-майор в отставке, профессор Института строительства, специальных систем и инженерного обеспечения ГТУ

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Аннотация. История развития общества и его научно-технического прогресса находится в постоянной корреляции с историей войн. Желание поднять жизненный уровень человека, быстрый темп жизни и стремление к ее высокому качеству, постоянно зависело от изобретений, технологических новшеств и непрерывного процесса развития. В этом плане не стала исключением и военно-техническая наука, и сфера военной промышленности.

В этой статье обсуждается важность использования современных технологий и высокоточного интеллектуального оружия в условиях войны 21 века. Обсуждается вопрос о дронах разведывательного характера и о дронах со способностью к кинетическим ударам в боевых действиях; также, о их поддержке системами космического базирования. Это открыло новую эпоху в искусстве современной войны и указало на трансформацию современной войны. В статье обсуждаются особенности, которые реально проявились в ходе боевых действий в кибер и воздушно-космическом пространстве. Все вызовы и проблемы, которые сопровождают процесс принятия военных решений, показаны в синтезе этих действий. Также, в статье обсуждается роль и значение разведывательных и истребительных беспилотных летательных аппаратов в современных крупномасштабных или локальных боевых действиях, особенно для такой небольшой страны, как Грузия.

Ключевые слова: аэрокосмическая система; беспилотные технологии; дрон; космическое пространство; технологическая война.

განხილვის თარიღი 16.11.2021

შემოსვლის თარიღი 19.11.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-105-113>

ზესალი, მყიფე, კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების ღუნვის სიმტკიცეზე გამოსაცდელი ნიმუშების ალმასური ხეხვის ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური აღჭურვილობა

დავით ბუცხრიკიძე მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო პროცესების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: d.butskhrikidze@gtu.ge

რეცენზენტები:

თ. ჩხაიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: tengizchkaidze@mail.ru

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

ანოტაცია. ტექნიკისა და ტექნოლოგიების რევოლუციური განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების მეცნიერები ინტენსიურად მუშაობენ თვისებრივად ახალი მასალების შექმნაზე, რომელთა ფიზიკურ-მექანიკური, ელექტრული, სითბური თუ სხვა თვისებები ხარისხობრივად მნიშვნელოვნად აღემატება დღეისათვის გამოყენებულ ძირითად საკონსტრუქციო, საიარაღო თუ სხვა დანიშნულების ლითონურ მასალებს. ასეთი მასალებია ზესალი, მყიფე, კომპოზიციურ-კერამიკული მასალები (ოქსიდური და კარბიდული კერამიკის ბაზაზე, უახლესი ზესალი კომპოზიციები, პოლიკრისტალური ალმასი + $Si + SiC$ და სხვ.).

სტატიაში მოცემულია ზესალი, კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების ღუნვის სიმტკიცეზე გამოსაცდელი ნიმუშების ალმასური ხეხვის პროგრესული ტექნოლოგიური პროცესი, რომელსაც საფუძვლად დაედო არალითონური მასალების ალმასური ხეხვის ორიგინალური, მაღალეფექტური მეთოდი – „დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვა“ (დპხ). ამ მეთოდით კომპოზიციური მასალების დამუშავებაში ჩატარებული მრავალწლიანი და მრავალმხრივი კვლევების შედეგების საფუძველზე შემუშავებული და რეკომენდებულია ალმასური ხეხვის ოპტიმალური პირობები, აგრეთვე წარმოდგენილია ორიგინალური დანადგარები და ტექნოლოგიური აღჭურვილობა კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების ნიმუშების დასამუშავებლად.

საკვანძო სიტყვები: ალმასური ხეხვა; ზესალი; კომპოზიციურ-კერამიკული; საცდელი ნიმუში; ღუნვის სიმტკიცე.

შესავალი

ახალშექმნილი მასალების გამოყენების სფეროს დასადგენად აუცილებელია მათი ფიზიკურ-მექანიკური, თბური, ელექტრული, მაგნიტური და სხვა თვისებების დადგენა. საკონსტრუქციო მასალები-სათვის პრიორიტეტულია ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომლის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელი, განსაკუთრებით მყიფე მასალებისათვის არის სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე.

სხვადასხვა სამეცნიერო თუ ტექნიკური ინფორმაციის წყაროებში მოძიებული იმ მასალების შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე, რომლებიც ეძღვნება კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების სიმტკიცეზე გამოცდის მეთოდებს, სატესტე ნიმუშების მიმართ წაყენებულ ტექნიკურ მოთხოვნებსა და მისი დამზადების მეთოდებს (ტექნოლოგიას), დადგინდა, რომ ზემოთ ხსენებული საკითხების მხრივ ყოვლისმომცველია ევროპული სტანდარტი ENV 623-1 [1]. მასში აღწერილია კერამიკული მასალის ღუნვის სიმტკიცეზე გამოცდის მეთოდები, სატესტე ნიმუშების სამ- და ოთხწერტილოვანი ღუნვის პირობებში საყრდენი გადაწვდომით 20 მმ და 40 მმ.

ძირითადი ნაწილი

სატესტე ნიმუშები მზადდება ორი ტიპ-ზომის, სათანადო ტექნიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით.

მკაცრადაა მოთხოვნილი ნიმუშის ზედაპირის ფრაკტოგრაფია. კერძოდ, გამოცდამ შესაძლოა დაადგინოს მოტეხის მიზეზი – როგორც წიბოს დეფექტი, გამოწვეული წიბოს უხარისხო დამუშავებით ან ზედაპირის დეფექტები, გამოწვეული მისი უხარისხო დამუშავებით, აგრეთვე ე.წ. შიგა დეფექტები, მიკრობზარები და სხვ.

სტანდარტში მკაცრადაა რეგლამენტირებული სატესტე ნიმუშების დამზადების მეთოდის, დაწყებული ნიმუშის ნამზადის მოსამზადებელი და დამთავრებული მისი ალმასური ხეხვის საფინიშე ოპერაციით.

სტანდარტის მიხედვით სატესტე ნიმუშის მიმართ წაყენებული ტექნიკური მოთხოვნები შემდეგია:

- ნიმუში უნდა დამზადდეს საცდელი მასალის ერთი – მთლიანი ბლოკისაგან;
- ღუნვის დროს საყრდენი გადაწვდომის მიხედვით, 20 მმ და 40 მმ, სატესტე ნიმუშები მზადდება ორი ტიპ-ზომის:

1. $l \geq 25$ მმ, $a = 2,5^{+0,2}$ მმ; $b = 2^{+0,2}$ მმ;
2. $l \geq 45$ მმ, $a = 4^{+0,2}$ მმ; $b = 3^{+0,2}$ მმ

სადაც l არის ნიმუშის სიგრძე, a და b – ნიმუშის მართკუთხა კვეთის ზომები;

- არ მოითხოვება ნიმუშის ბოლოების (ტორსების) ზუსტი დაყვანა;
- ნიმუშის განიკვეთში მართი კუთხის გადახრა დაიშვება $\leq 5^\circ$;
- ნიმუშის გვერდითი წახნაგების წიბოებზე მოთხოვნილია ნაზოლი, რომლის ზომებია $0,12^{+0,03}$ მმ $\times 45^\circ$ ან წიბოს მომრგვალება $r = 0,15^{+0,05}$ მმ რადიუსით;

– მექანიკური დამუშავების კვალები (ხეხვის კვალები) მიმართული უნდა იყოს ნიმუშის გრძივი მიმართულებით.

სტანდარტის მიხედვით სატესტე ნიმუშების მექანიკური დამუშავების ტექნოლოგიური მარშრუტი შეიცავს შემდეგ ტექნოლოგიურ ოპერაციებს:

1. კერამიკული მასალის ბლოკის დაჭრა (დახერხვა) ალმასური ხერხით, რომლის მარცვლოვნება უნდა იყოს 125 მკმ, მიკროგეომეტრიული პარამეტრის $R_{max} \leq 5$ მკმ უზრუნველყოფით;

2. წინასწარი ალმასური ხეხვა ქარგოლის პერიფერიით, მარცვლოვნება – 80...125 მმ;

3. დაყვანითი ალმასური ხეხვა ქარგოლის პერიფერიით, მარცვლოვნება – 40...60 მკმ, ხეხვაზე ნამატით $\geq 0,06$ მმ. ნიმუშის ოთხივე წახნაგი მუშავდება იდენტურ პირობებში შინაგანი ძაბვების თავიდან ასაცილებლად.

დასაშვებია ამ ოპერაციისას თავისუფალი აბრაზივით (ფხვნილი, პასტა) დამუშავება, ალმასური ქარგოლით ხეხვის სანაცვლოდ, რომელიც, როგორც წესი, სრულდება რამდენიმე გადასვლით (3...4) აბრაზიული ფხვნილის მარცვლოვნების შემცირების მიმართულებით. ბოლო გადასვლაზე იხსნება ≥ 5 მკმ სისქის მასალა, აბრაზიული ფხვნილით მარცვლოვნებით ~ 6 მკმ, მიკროგეომეტრიული პარამეტრის $R_{max} \leq 1$ მკმ დაცვით.

სატესტე ნიმუშის გვერდითი წახნაგების დამუშავების შემდეგ სრულდება წახნაგებს შორის წიბოებზე ნაზოლების მოხსნის ან მომრგვალების ოპერაცია. მკაცრად მოთხოვნილი, რომ დამუშავების კვალები მიმართული იყოს ნიმუშის გრძივი მიმართულებით.

ევროპული სტანდარტით რეგლამენტირებული კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების სატესტე ნიმუშების მექანიკური დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი საკმაოდ ხანგრძლივი, ამიტომ შრომატევადი და ძვირია. მოითხოვს ოპერატორის მაღალ კვალიფიკაციას, განსაკუთრებით საფინიშე ოპერაციებზე. გარდა ამისა, ხეხვის პროცესი აბრაზიული, აბრაზიულ-ალმასური ქარგოლის პერიფერიით ხასიათდება ვიბრაციებით, შესაბამისად ჭრის ზონაში არამდოვრე, დარტყმითი ხასიათის პროცესების განვითარებით, რაც უმთავრესად გამოწვეულია ხეხვის მაღალი სიჩქარით ($\geq 25...30$ მ/წმ). ეს უკანასკნელი დასამუშავებელ, მყიფე კერამიკულ მასალაში იწვევს მემკვიდრეობითი დაზარული შრეების წარმოქმნას მნიშვნელოვან 80...100 მკმ-მდე სიღრმეზე, ხოლო დამუშავებულ ზედაპირზე – მყიფე მსხვრევითი მიკროჭრისათვის დამახასიათებელი ზედაპირის მიკროგეომეტრიისა და ტალღოვანების დატოვებას. ეს უკანასკნელები დამუშავებული ზედაპირის მაკროგეომეტრიულ გადახრებთან (არასიბრტყიანობა, არასწორხაზოვნება) ერთად ჯამში შეადგენს მოსახსნელი ფენის სისქეს, ე.წ. საოპერაციო ნამატს მექანიკური დამუშავების შემდგომ ოპერაციაზე.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანი ამოცანაა უახლესი კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების სატესტე ნიმუშების მექანიკური დამუშავების ისეთი პროგრესული ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავება, რომელიც თავისუფალი იქნება არსებული ტექნოლოგიური პროცესისათვის დამახასიათებელი უარყოფითი მხარეებისაგან – კერძოდ იქნება ნაკლებად შრომატევადი, მაღალ-

მწარმოებლური, იაფი და, რაც მთავარია, სატესტე ნიმუშის მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფელი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო ტექნოლოგიების დეპარტამენტში ჩატარებული არალითონური, კომპოზიციური მასალების ალმასური ხეხვით დამუშავების მრავალწლიანი კვლევის შედეგების საფუძველზე შემუშავდა ალმასური ხეხვის ორიგინალური მაღალეფექტური მეთოდი, რომელსაც პირობით ეწოდა დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვა (დპხ) [2, 3]. შემუშავებული და დამზადებული იყო სპეციალური პრეციზიული ჩარხები: ГПИТ.10, მოდერნიზირებული ლაბორატორიული სტენდი და კერამიკული ფილების ფუძეებისა და პერიმეტრული წახნაგების სახეხი სპეციალური ნახევრად ავტომატი, ამლესავი ჩარხის 3B642 ბაზაზე. აღნიშნული ჩარხები წარმატებით დაინერგა წარმოებაში კერამიკული დეტალების დასამუშავებლად (იაპონია, საფრანგეთი, რუსეთი, უკრაინა, ბელორუსი).

კვლევითი სამუშაოების შედეგებმა აჩვენა დპხ მეთოდის დიდი უპირატესობა ხეხვის არსებულ მეთოდებთან შედარებით ისეთი ფაქტორებით როგორცაა: მწარმოებლურობა, დამუშავებული ზედაპირის მაღალი ხარისხი – სიმქისის დაბალი სიმაღლე და დეფექტური, ბზარებიანი შრის მცირე სიღრმე, დამუშავებული ზედაპირის სიბრტყიანობა და თავისუფალი აბრაზივით დაყვანის მეთოდის შესაბამისი სიზუსტის სხვა პარამეტრები და ა.შ.

დპხ-ის მეთოდი, ჩვეულებრივი ხეხვისაგან (≥ 25 მ/წმ) განსხვავებით გამოირჩევა ჭრის დაბალი სიჩქარეებით (3...10 მ/წმ), დასამუშავებელი ნამზადის ქარგოლის ზედაპირზე, არახისტი, მოზამბარე მი-

წოდებით. ასეთი პირობები უზრუნველყოფს ხეხვის დაბალ ტემპერატურას ჭრის ზონაში, აგრეთვე მის მდოვრედ მიმდნარეობას, ვიბრაციისა და დარტყმების გარეშე. ყოველივე ზემოთქმული საწინდარია დამუშავების მაღალი ხარისხის. მეთოდის მაღალი მწარმოებლურობა მიიღწევა დასამუშავებელი ნამზადის ზედაპირის სრული გადაფარვით ალმასური ქარგოლის ბრტყელი მუშა ზედაპირით.

დადგენილია კერამიკული მასალების ტპხ მეთოდით დამუშავების ოპტიმალური პირობები:

1. წინასწარი დამუშავებისათვის: – ჭრის სიჩქარე – 8...10 მ/წმ;
 - ხვედრითი ძალა ჭრის ზონაში – 500...700 მგპა;
 - ალმასური ქარგოლის მახასიათებლები: მარცვლოვანება 40/28, 28/20 მკმ; შემკვრელი – მეტალური, კერამიკული: კონცენტრაცია 75...100%;
 - სპეციალური საცხებ-გამაცივებელი სითხე ჭრის ზონაში ჭავლით მიწოდებით.
2. დაყვანითი დამუშავებისათვის: – ჭრის სიჩქარე 3...6 მ/წმ;
 - ხვედრითი ძალა ჭრის ზონაში – 200...300 მგპა;
 - ალმასური ქარგოლის მახასიათებლები: მარცვლოვანება 28/20, 20/14 მკმ; შემკვრელი ორგანული, კონცენტრაცია 50...75%.

ევროპული სტანდარტის მასალებისა და ჩვენი კვლევების შედეგების შეჯერებით შევიმუშავეთ კერამიკული მასალების სატესტე ნიმუშების ალმასური ხეხვით დამუშავების პერსპექტიული ტექნოლოგიური პროცესი [4, 5, 6, 7]:

1. მოსამზადებელი ოპერაცია: ევროსტანდარტის მიხედვით კერამიკული მასალის ბლოკის

დახერხვა ალმასური ხერხებით საცდელი ნიმუშების ნამზადებად;

2. წინასწარ დამუშავება: სატესტე ნიმუშის წახნაგების ალმასური ხეხვა დპხ მეთოდით;

3. საფინიში დამუშავება: სატესტე ნიმუშის წახნაგების ალმასური დაყვანითი ხეხვა დპხ მეთოდით;

4. ევროსტანდარტის მიხედვით ნაზოლების დამუშავება წახნაგთშორის წიბოებზე სპეციალური, ორიგინალური სამარჯვის გამოყენებით.

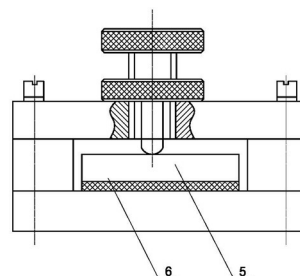
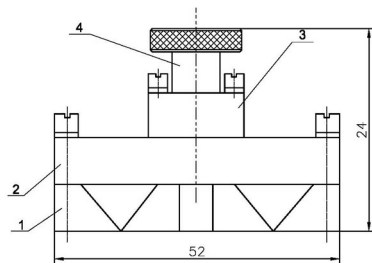
ცალკე აღნიშვნის ღირსია ნაზოლების დასამუშავებელი სპეციალური სამარჯვი, რომლის კონსტრუქცია ჩვენ შევიმუშავეთ და რომელმაც წარმატებით გაიარა გამოცდა რეალური ტექნიკური ამოცანის გადაწყვეტის პროცესში. სამარჯვი მუშაობისას არ მოითხოვს პრეციზიულ ტექნოლოგიურ აღჭურვილობას, არის უნივერსალური, გადასაწყობი და მისაღწევი ზომის თვითკონტროლით. იგი უზრუნველყოფს ნაზოლის სტანდარტით მოთხოვნილ სიზუსტეს. აღსანიშნავია, რომ ევროსტანდარტის მიხედვით ნაზოლის დამუშავების ოპერაცია სრულდება დამყვან-საპრიალებელ ფილასა ან ჩარხზე ხელით და თავისუფალი აბრაზივით (ალმასური ფხვნილი, პასტა).

სამარჯვი არის ორადგილიანი პრიზმა (სურ. 1), რომელშიც თავსდება ორი სატესტე ნიმუში. ოთხი

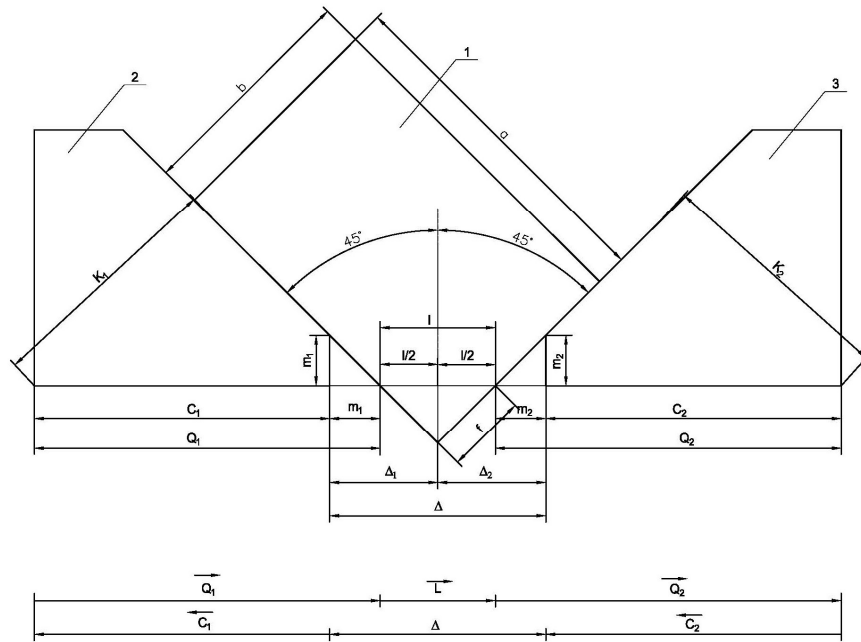
ნახევარპრიზმა დაყენებულია ორ განივ ძელაკზე, რომელზეც თავის მხრივ დაყენებულია გრძივი ძელაკი დასამუშავებელი ნამზადების მომჭერი სპეციალური ხრახნითა და კონტრქანჩით. სატესტე ორი ნიმუში იდება პრიზმის გრძივ ღარებში ისე, რომ მისი წახნაგები შეუთავსდეს პრიზმის შიგა კედლებს და ფიქსირდება მომჭერი ხრახნის ქვესაღები ფილისა და ელასტომერის საშუალებით, რომელიც იცავს ნიმუშის ზედა წიბოს მექანიკური დაზიანებისაგან.

სატესტე ნიმუშის ნაზოლის მოთხოვნილ ზომაზე საჭიროა სამარჯვის გაწყობა ზომური ფილის საშუალებით, რომელიც თავსდება ნახევარპრიზმებს შორის ღარში მჭიდროდ ჩასმით, შემდეგ საჭიროა ნაპირა ნახევარპრიზმების დაფიქსირება ხრახნებით და ზომური ფილის ამოღება ღარიდან.

ზომური ფილის სისქისა და ზომაზე დაშვების აგრეთვე სამარჯვის ელემენტების – ნახევარპრიზმების ზომებისა და დაშვებების გაანგარიშება შესაძლებელია მე-2 სურათზე წარმოდგენილი ზომათა ჯაჭვის გაწყვეტით ნაზოლის ზომისა და დაშვების მიხედვით (ტექნოლოგიური ზომათა ჯაჭვის გაწყვეტის პირდაპირი ამოცანა, ე.ი. ჩამკეტი რგოლის პარამეტრებით, შემადგენელი რგოლების პარამეტრების განსაზღვრა).



სურ. 1. 1 – ნახევარპრიზმა; 2 – განივი ძელაკი; 3 – გრძივი ძელაკი;
4 – სპეცხრახნი სპეცქანჩით; 5 – ფილა; 6 – ელასტომერი



სურ. 2

– ზომური ფილის სისქე (სურ. 2)

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \sqrt{2}(K_1 + K_2 + f) - C_1 - C_2. \quad (1)$$

დაშვებით, რომ $K_1 = K_2 = K$ და $C_1 = C_2 = C$

$$\Delta = \sqrt{2}(2K + f) = 2c. \quad (2)$$

უკანასკნელ გამოსახულებაში ცნობილია f -ის მნიშვნელობა ევროსტანდარტის მიხედვით (სურ. 1), ხოლო K და C არის სამარჯვის ელემენტების – ნახევარპრიზმების კონსტრუქციული ზომები.

ზომური ფილის სისქის დაშვება, აგრეთვე სამარჯვის ნახევარპრიზმების ზომების დაშვებები გაიანგარიშება ნაზოლის ზომის დაშვებისა და ტექნიკურად მისაღები დაშვებებით.

$$\begin{aligned} \delta_l &= \delta Q_1 + \delta Q_2 + \delta c_1 + \delta c_2 + \delta_D = \\ &= \sqrt{2}(\delta k_1 + \delta k_2) + \delta c_1 + \delta c_2 + \delta_\Delta. \end{aligned} \quad (3)$$

იმ დაშვებით, რომ $\delta k_1 = \delta k_2 = \delta c_1 = \delta c_2 = \delta_\Delta$

$$\delta_l = 2(\sqrt{2} + 1)\delta_x + \delta_D. \quad (4)$$

თავის მხრივ

$$\delta_l = \delta_f / \sin 45^\circ = \sqrt{2}\delta_f.$$

გამოსახულებაში (4) არის ორი უცნობი δ_Δ და δ_x . შესაბამისად, საჭიროა ერთ-ერთის დანიშვნა ტექნიკურად გამართლებული პირობით. მაგალითად, უმჯობესია ზომური ფილის სისქის დაშვების დანიშვნა და სამარჯვის ელემენტების ზომების დაშვებების გაანგარიშება შესაბამისად (5) გამოსახულებით

$$\delta_x = \frac{\sqrt{2}\delta_f - \delta_\Delta}{2(\sqrt{2} + 1)}. \quad (5)$$

ევროსტანდარტით რეგლამენტირებული ტექნიკური მოთხოვნების მიხედვით და ზემოთ ნახსენები დაშვებების გათვალისწინებით

$$\delta_f = 0,03 \text{ მმ} - \text{სტანდარტით}; \quad \delta_\Delta = 0,005 \text{ მმ} -$$

დაშვებით

$\delta_x = 0,007$ მმ, გაანგარიშებით (5) გამოსახულებიდან.

სტატიაში მოყვანილი ჩვენ მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიური პროცესი, ტექნოლოგიური დანადგარები და აღჭურვილობა (სამარჯვები) აპრობირებული იყო ზესალი, მყიფე, კომპოზიციურ – კერამიკული მასალების სატესტე ნიმუშების დასამზადებლად ისეთი ორგანიზაციების და საკვლევ-სამეცნიერო ცენტრების დაკვეთით, როგორცაა შვედეთის კონსორციუმი, ვენის უნივერსიტეტი (ავსტრია), ჯონ მურის უნივერსიტეტი (ლივერპული, დიდი ბრიტანეთი) და სხვა.

დასკვნა

სტატიაში მოყვანილი კვლევის შედეგები შეიძლება შეჯამდეს შემდეგი დასკვნების სახით:

- შემუშავებულია ზესალი, მყიფე, კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების ღუნვის სიმტკიცეზე გამოსაცდელი სატესტე ნიმუშების მექანიკური დამუშავების პროგრესული ტექნოლოგია, რომელიც სრულად პასუხობს ევროპული სტანდარტის მოთხოვნებს;
- დადგენილია უახლესი კომპოზიციურ-კერამიკული მასალების ალმასური დამუშავების ოპტიმალური პირობები (ჭრის რეჟიმები, ალმასური იარაღის მახასიათებლები);
- შემუშავებულია სატესტე ნიმუშების ნაზოლების დასამუშავებელი ორიგინალური კონსტრუქციის სამარჯვი და მისი ელემენტების გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

ლიტერატურა

1. European Standard ENV 623: Advanced Technical Ceramics-general and Textural Properties of Monolithic Ceramics. European Committee for Standardization Committee European de Normalization; Europaisches komittec fur Normung. Document CEN/TC: 184. N 85;
2. European Patent. (n.d). *Device for Surface Machining*. (No 88901155. 7 MKU B 24 B 7/16, 37/04);
3. Patent of USA. (n.d). *Device for the flat surface abrasive Machining*. (No 4901477 MKU B 24 B 5/00);
4. Batiashvili, B.I., Butskhrikidze, D.S., Mamulashvili, G.L., Mgaloblishvili, O.B., Turmanidze, R.S., Kromp, K., Mills, B., Steinkellner, W., Schafner, E., Rösel, F.G., Peterlik, H. (2001). *Evaluation of surface preparation techniques. SFG: Swing Frame Grinding and LPG: Low Temperature Grinding, by comparison of results on alumina and siliconcarbide model materials*. International Conference Stará Lesná, High Tatras: Fractography of Advanced Ceramics;
5. Batiashvili, B.I., Butskrikidze, D.S., Mamulashvili, G.L., Turmanidze, R.S., Kromp, K., Mills, B., Mgaloblishvili, O.B. (2001). *Technological Possibilities of Low Precision Grinding Process when Machining Hard and Brittle materials*. International Conference Stará Lesná, High Tatras: Fractography of Advanced Ceramics;
6. Turmanidze, R., Butskrikidze, D., Kromp, K., Mills, B. (2002). *Low temperature precision grinding of hard and brittle materials*. Problems of mechanics and physico-chemistry of the process of abrasive machining, 490-499 p.p.;
7. Richter, H.G., CeramTec, A.G. *Central Development*. Prochingen, Germany, Fractography of Bioceramics. Key engineering Materials Vol. 223 (2002) p.p. 157-180. Trans Tech Publications, Switzerland.

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-105-113>

Diamond Grinding Technology of Flexural Strength Test Pieces of Super hard, Brittle, Composite-ceramic Materials and Technological Equipment

David Butskhrikidze Department of Industrial Technology of Mechanical Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a M. Kostava str.
E-mail: d.butskhrikidze@gtu.ge

Reviewers:

T. Chkhaidze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: tengizchkhaidze@mail.ru

M. Talakvadze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU
E-mail: m.talakvadze@gtu.ge

Abstract. At the present stage of the revolutionary development of technologies, scientists from the leading countries of the world are working intensively to create qualitatively new materials whose physical-mechanical, electrical, thermal or other properties far exceed the basic constructions, armament or other metals used. Such materials are surface, brittle, composite ceramic materials (based on oxide and carbide ceramics, state-of-the-art surface compositions, polycrystalline diamond + $Si + SiC$ and etc.).

A progressive process for diamond grinding test samples from composite ceramic materials to determine the bending strength is discussed. The proposed technological process is based on an original and effective method for polishing the flat surfaces of articles made of difficult-to-process and composite materials - low-temperature precision grinding (LPG). Based on the results of many years and multilateral studies in the field of diamond processing of various non-metallic, composite and ceramic materials, optimum conditions for diamond polishing of mentioned materials have been determined and recommended. Technological equipment and equipment for processing composite and ceramic materials are also disclosed.

Keywords: bending strength; composite-ceramic; diamond processing; super solid; test sample.

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-105-113

Технология алмазной обработки тестовых образцов из сверхтвердых, хрупких, композиционно-керамических материалов для определения прочности на изгиб и технологическая оснастка

Давид Буцхრიкидзе Департамент производственных процессов инженерии механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^a
E-mail: d.butskhrikidze@gtu.ge

Рецензенты:

Т. Чхаидзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: tengizchkhaidze@mail.ru

М. Талаквადзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: m.talakvadze@gtu.ge

Аннотация. На современном этапе революционного развития техники и технологий ученые ведущих стран мира интенсивно работают над созданием качественно новых материалов, физико-механические, электрические, термические или другие свойства которых значительно превосходят базовые конструкции, вооружение или другие используемые металлы. Такими материалами являются поверхностные, хрупкие, композиционно-керамические материалы (на основе оксидной и карбидной керамики, новейших поверхностных композиций, поликристаллического алмаза + $Si + SiC$ и т. д.).

В работе приведен прогрессивный технологический процесс алмазного шлифования тестовых (испытываемых) образцов из композиционных-керамических материалов для определения прочности на изгиб. В основу предложенного технологического процесса заложен оригинальный, эффективный способ алмазного шлифования плоских поверхностей изделий из труднообрабатываемых, композиционных материалов – низкотемпературное прецизионное шлифование (НППШ). На основе результатов многолетних и многосторонних исследований в области алмазной обработки различных неметаллических, композиционно-керамических материалов определены и рекомендованы оптимальные условия алмазного шлифования упомянутых материалов. Также приведены технологическое оборудование и оснастка для обрабатывания композиционно-керамических материалов.

Ключевые слова: алмазная обработка; композиционно-керамический; прочность на изгиб; сверхтвердый; тестовый образец.

განხილვის თარიღი 17.06.2021

შემოსვლის თარიღი 24.06.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-114-123>

ტექნიკური კერამიკის ფილების ბრტყელი ზედაპირებისა და პერიმეტრის ალმასური ხეხვის სპეციალური ჩარხი

დავით ბუცხრიკიძე მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო პროცესების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: d.butskhrikidze@gtu.ge

რეცენზენტები:

გ. ხვიჩია, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: givi1949@mail.ru

გ. ქირია, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: v.kiria@gtu.ge

ანოტაცია. მოწინავე ქვეყნებში მასალათმცოდნეები ინტენსიურად მუშაობენ მაღალი სიმტკიცის (ლითონების დონეზე) ტექნიკური კერამიკის შესაქმნელად. ასეთი მასალის შექმნის შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება მისგან მანქანათა ძალოვანი კვანძების (გადაცემების) ისეთი დეტალების დამზადება როგორცაა: ლილვები, კბილათვლები, ტურბინები და ა.შ. სამომავლოდ უნიკალური თვისებების უახლესი კომპოზიციური, კერამიკული მასალები თანდათან ჩაანაცვლებს ლითონებს მანქანათა დეტალების დასამზადებლად.

არალითონური, კომპოზიციური, სალი და მყიფე მასალების ნაკეთობების (ტექნიკური კერამიკა SiC და Al₂O₃ ბაზაზე; პოლიკრისტალური ალმასი,

კომპოზიტი – Si+SiC + ალმასი და სხვ.) ალმასური ხეხვის ნახევარავტომატი არის უნივერსალური ბრტყლად სახეხი ჩარხი, რომელიც განკუთვნილია პრიზმის ფორმის ნაკეთობის როგორც ძირითადი ზედაპირების – სიბრტყეების, ისე გვერდითი წახნაგების – პერიმეტრის მაღალმწარმოებლური დამუშავებისათვის. აგრეთვე ჩარხზე შესაძლებელია დამუშავდეს სხვა ფორმის ნაკეთობებიც, მაგალითად, წრიული, ოვალური და სხვ. დამუშავებას ექვემდებარება როგორც დეტალების ჯგუფი, ისე ცალკეული დეტალი, მათი ზომებიდან გამომდინარე. დამუშავება სრულდება მოხამბარე-ამყოლი მიწოდების მეთოდით პნევმოსისტემის მეშვეობით, რომელიც უზრუნველყოფს დამუშავებისას არალითონური, მყიფე მასალების ნაკეთობების გატეხვის თა-

ვიდან აცილებას და მაქსიმალურად მაღალი ხარისხის ზედაპირის მიღებას..

საკვანძო სიტყვები: ალმასური ხეხვა; კომპოზიტი; კერამიკა; სპეციალური ჩარხი; ზესალი.

შესავალი

კაცობრიობის არსებობის თანამედროვე ეტაპზე სულ უფრო მზარდი ტემპით ვითარდება ტექნიკა და ტექნოლოგიები, რაც ცალსახადაა დაკავშირებული ადამიანის შემოქმედებითი საქმიანობის სფეროს მნიშვნელოვან – რევოლუციურ გაფართოებასთან, მეურნეობის სხვადასხვა დარგის საწარმოო პროცესებისა და კომუნიკაციების საშუალებების ინტენსიფიკაციასთან. განვითარებული ქვეყნების მიერ დასახული უახლოესი პერსპექტივა მოიცავს ისეთ სფეროებს, როგორცაა: დედამიწის ქერქისა და მსოფლიო ოკეანის სიღრმეების, აგრეთვე პოლუსების აკვატორიების ათვისება, კოსმოსის, უპირველეს ყოვლისა, მზის სისტემის პლანეტების ათვისება და სხვ.

ძირითადი ნაწილი

ჩამოთვლილი გლობალური პრობლემების გადაწყვეტისათვის საჭიროა ექსტრემალური მანქანებისა და მექანიზმების, აგრეთვე ინოვაციური კონსტრუქციის ტექნიკური სისტემების შექმნა, რომელიც პასუხობს ისეთ მოთხოვნებს როგორცაა: მაღალეფექტურობა, ჩქაროსნობა, საიმედოობა (განსაკუთრებით ექსტრემალურ პირობებში მომუშავე მანქანებისათვის, მაგალითად, ტემპერატურისა და წნევების ცვლილება ფართო საზღვრებში, აგრესიუ-

ლი გარემო და სხვა), დაბალი ლითონტევადობა (კონსტრუქციის სიმსუბუქე), ეკონომიურობა (მოხმარებული ენერჯის დაბალი დონე), დაბალი თვითღირებულება.

შემდეგი საფეხურის ამოცანები დაკავშირებულია ახალი თაობის საკონსტრუქციო მასალების შექმნასთან (მათ შორის საიარაღო, ელექტრონიკისა და სხვა დარგებისათვის). ასეთ მასალებს განეკუთვნება კომპოზიციური კერამიკული მასალები, რომელიც რაოდენობრივად და, რაც მთავარია თვისობრივად აღემატება დღეისათვის არსებულ საკონსტრუქციო ლითონურ მასალებს ისეთი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით როგორცაა: სისალე, ცვეთამდეგობა, თბომდეგობა, აგრესიულ გარემოსა და კოროზიისადმი მდგრადობა და სხვა. მაგრამ კერამიკული მასალები ხასიათდება სიმყიფით, რაც დაკავშირებულია დაბალ სიმტკიცესთან გაჭიმვასა და ღუნვაზე.

სალი და მყიფე, ძნელად დასამუშავებელი, კომპოზიციური კერამიკული მასალების მექანიკური დამუშავების – ალმასურაბრაზიული ხეხვის პროცესების თანამედროვე დონე უზრუნველყოფს თანამედროვე ტექნიკის ამოცანების (ელექტრონიკის ნაკეთობების დამუშავება. მაგალითად, მონოკრისტალების და ოპტიკის, ლაზერული დანადგარების სარკეების, ნავთობისა და ქიმიური მრეწველობის დანადგარების კონსტრუქციული დეტალების დამზადება და ა.შ.) ეფექტურ გადაწყვეტას. ამასთანავე, არაერთ შემთხვევაში ერთდროულად ვერ მიიღწევა დამუშავების მწარმოებლურობა და მაღალი ხარისხი. მაგალითად, არ არის გადაწყვეტილი დიდი გაბარიტების მქონე კერამიკული დეტალების ეფექ-

ტური დამუშავების პრობლემა, რომელსაც მოეთხოვება ზედაპირის სიმჭირე, ზომებისა და სიზუსტის სხვა პარამეტრები (ფორმის, ზედაპირების ურთიერთმდებარეობის და სხვ.) მიკრომეტრის მეათედებში, მესადებსა და ნანომეტრულ დონემდე.

ზესალი კომპოზიციური, კერამიკული მასალების გამოყენების მნიშვნელოვანი სფეროა საიარაღო მრეწველობა (გადაუღესავი მჭრელი ფირფიტების წარმოება ლითონკერამიკული და მინერალკერამიკული მასალებისგან, კერმეტებისგან, კომპოზიტებისგან ალმასის და ბორის კუბიური ნიტრიდის ბაზაზე და ა.შ.). ამ მასალების ეფექტიანი და ხარისხოვანი დამუშავების ტექნოლოგიური ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ ალმასურ-აბრაზიული ხეხვის მეთოდით.

მასალათმცოდნეების მიერ შემუშავებული უახლესი კომპოზიციური, კერამიკული მასალების სერტიფიცირება, რომელიც განსაზღვრავს გამოყენების სფეროებს, მოითხოვს მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების განსაზღვრას. ამისათვის საჭიროა ამ მასალების სატესტე ნიმუშების დამზადება მექანიკური დამუშავების მინიმალური დეფექტებით (ზედაპირის მიკროგომეტრია და მორფოლოგია, რელიეფის ქვეშ არსებული დეფექტური – ბზარებიანი ფენა, ნარჩენი ძაბვები და სხვ.). აღნიშნული არცთუ მარტივად გადასაწყვეტი ამოცანაა.

დასასრულს, ჩამოთვლილ პრობლემათა შორის, განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ტექნოლოგიას, რომელიც აერთიანებს ისეთ ამოცანებს როგორცაა: ალმასურ-აბრაზიული დამუშავების ოპტიმალური სქემებისა და პირობების შემუშავება (ხეხვის რეჟიმები, ალმასური იარაღის – სახეხი ქარგოლების მახასიათებლები, საცხებ-გამაცივებელი

სითხის შედგენილობა და სხვ.), ტექნოლოგიური დანადგარების – სპეციალური ჩარხების შემუშავება ტექნიკური კერამიკის ნაკეთობების ალმასურ-აბრაზიული ხეხვისათვის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგიის კათედრაზე (ამჟამად მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი) ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ტარდებოდა სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები არალითონური სალი და მყიფე მწვანად დასამუშავებელი, ისეთი კომპოზიციური მასალების ალმასურ ხეხვით დამუშავებაში როგორცაა: სალი შენადნობები, ოქსიდური და კარბიდული ტექნიკური კერამიკა, მონოკრისტალები, ნახევარგამტარები, ზესალი კომპოზიტები პოლიკრისტალური ალმასისა და ბორის კუბიური ნიტრიდის ბაზაზე აგრეთვე ალმასის + სილიციუმის + სილიციუმის კარბიდის ბაზაზე.

ამ სამუშაოების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგი არის ალმასური ბრტყლად ხეხვის ორიგინალური მეთოდი, რომელსაც პირობითად ეწოდება დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვა (დპხ).

აღნიშნული მეთოდის დამახასიათებელი ნიშანთვისებაა ტორსული ალმასური სახეხი ქარგოლის მუშა ზედაპირის დიდი სიგანე, რითაც ხდება დეტალის (დეტალების) დასამუშავებელი ზედაპირის სრული გადაფარვა. არსებულ აბრაზიული დამუშავების მეთოდებთან შედარებით, აღნიშნული მეთოდი ხასიათდება მაღალი მწარმოებლურობით, ზედაპირის ხარისხისა და სიზუსტის პარამეტრების საუკეთესო მაჩვენებლებთან ერთად. ამ უკანასკნელთა უზრუნველყოფა შესაძლებელია თავისუფალი აბრაზივით დამუშავების მეთოდებით (დაყვანა, მიღეს-

ვა და სხვ.), რომლებიც მნიშვნელოვნად დაბალმწარმოებლურია სახეხი ქარგოლებით დამუშავების მეთოდთან შედარებით.

შემუშავებული ორიგინალური მეთოდის (დპხ) ბაზაზე შეიქმნა სპეციალური ალმასური ხეხვის ჩარხები (ТШ8895, ГПИ Т.10), რომლის პარტია წარმატებით დაინერგა ელექტრონული, საიარაღო, ოპტიკური წარმოების საწარმოებში. აგრეთვე გაიყიდა ლიცენზიები იაპონიასა და საფრანგეთში (ხელშეკრულებათა საერთო ღირებულებაა – 400 ათასი აშშ

დოლარი). შესრულდა საგრანტო პროექტები საერთაშორისო INTAS და STCU პროგრამებით.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი სამუშაოს გაგრძელება არის ტექნიკური კერამიკის დიდი გაბარიტული ზომების (საყრდენი სიბრტყეების) ფილების ალმასური ბრტყლად სახეხი სპეციალური ჩარხი (სურ. 1).

აღნიშნული ჩარხი შემუშავდა საინჟინრო პროექტის ფარგლებში, რომელსაც საფუძვლად დაედო ამ სფეროში მიღებული არაერთი შედეგი. მისი დანიშნულებაა კერამიკული ფილების ხეხვა ზომებით 50×50×7, 75×75×10 და 100×100×12...15 მმ.



სურ. 1. კერამიკული ფილების საყრდენი ზედაპირებისა და პერიმეტრის ალმასური ხეხვის სპეციალური ჩარხი

ადვილი მისახვედრია, რომ ზომები 75...100 მმ მნიშვნელოვნად დიდია და ამ ზომის კერამიკული ფილის ეფექტურად დამუშავება მოითხოვდა ისეთ ტექნოლოგიურ ინოვაციურ გადაწყვეტებს როგორცაა:

– სიბრტყეების ხეხვის ორიგინალური სქემების შემუშავება დპხ მეთოდის ბაზაზე ხეხვის

არსებული მეთოდების დადებითი მხარეების გათვალისწინებით.

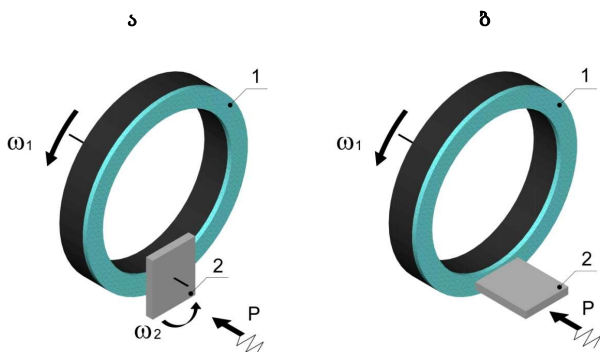
– მაღალეფექტური, ორიგინალური ტექნოლოგიური მოწყობილობის შემუშავება (როგორც ვარიანტი არსებული დანადგარების მოდენიზაციის გზით);

– ახლად შემუშავებული დანადგარების ფართო ტექნოლოგიური შესაძლებლობების უზრუნველყოფა სალი და მყიფე ძნელად დასამუშავებელი, კომპოზიციური კერამიკული მასალების ალმასური ხეხვის ოპტიმალური პირობების (ხეხვის რეჟიმები, ალმასური ქარგოლის მახასიათებლები – მარცვლოვანება, კონცენტრაცია, შემკვრელის მარკა, საცხებ-გამაცივებელი სითხის შედგენილობა და სხვ.) დაცვის გზით, რაც ადრე-

ულ ეტაპზე დადინდა ფართო კვლევების საფუძველზე.

საბაზოდ შეირჩა სერიული საამლესო ჩარხი, რომელიც კინემატიკითა და კონსტრუქციით სრულად პასუხობს დასმულ ამოცანას.

სპეციალურ ჩარხზე რეალიზებულია ორი მუშა ზონა (არე) (სურ. 2). ერთის დანიშნულებაა საყრდენი სიბრტყის ხეხვა (სურ. 2, ა), მეორის – პერიმეტრული წახნაგების ხეხვა (სურ. 2, ბ).



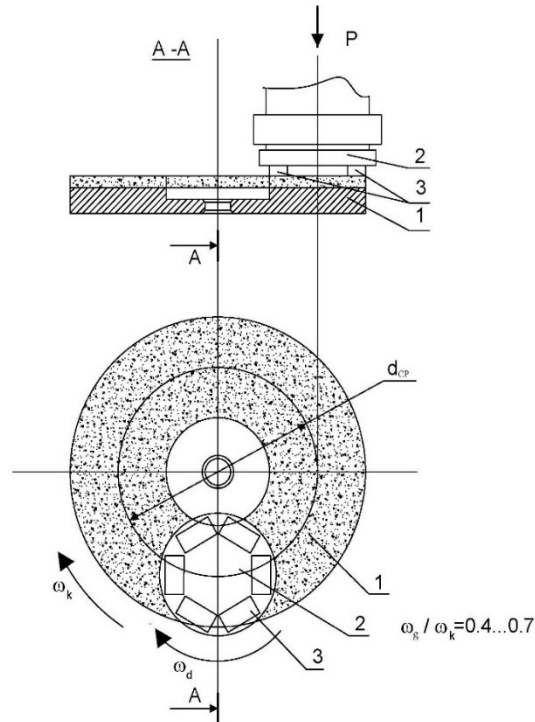
სურ. 2. კერამიკული ფილების ხეხვის სქემები

ა – საყრდენი სიბრტყეების; ბ – პერიმეტრის

ერთადერთი, მნიშვნელოვანი განსხვავება მე-3 და მე-4 სურათებზე გამოსახული ხეხვის სქემებს შორის არის ის, რომ მე-4 სურ-ზე მოცემულ სქემაზე დეტალის დასამუშავებელი ზედაპირი არაა გადაფარული ალმასური ქარგოლის მუშა ზედაპირით. ამის გამო დეტალის დასამუშავებელი ზედაპირი გამოდის ქარგოლის ტორსული, მუშა ზედაპირის გარეთ, ეხება მის პერიფერიას გარე და შიგა დიამეტრებზე ერთდროულად და ამით ქმნის დამატებით ორ მუშა ზონას (სურ. 4). მიღებული „ჰიბრიდული“ ხეხვის სქემა საშუალებას იძლევა ეფექტურად დამუშავდეს დიდი გაბარიტული კერამიკული ფილების საყრდენი ზედაპირები, ამასთანავე უზრუნველყოფილი იყოს დამუშავების დიდი სი-

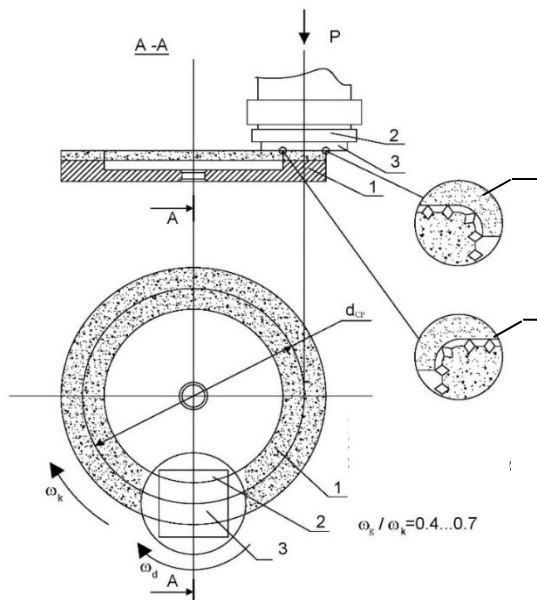
ზუსტე და მაღალი ხარისხი, ისე როგორც დეზ მეთოდით დამუშავების დროს.

მე-4 სურ-ზე მოცემული ორიგინალური ხეხვის სქემა იძლევა სტანდარტული ალმასური სახეხი ქარგოლების გამოყენების საშუალებას ნაცვლად სპეციალურისა, როდესაც მუშა ზედაპირის სიგანე >40–100 მმ. სპეციალურ ჩარხზე გამოიყენება ფინჯნისებური და ბრტყელი ტორსული ალმასური ქარგოლები, რომელთა ზომებია $D \times B \times H \times d$ (150 – 200 – 250) × (10 – 20 – 40) × (3 – 5) × (32 – 45) მმ, სადაც D არის ქარგოლის დიამეტრი, B – მუშა ზედაპირის სიგანე, H – ალმასური ფენის სისქე, d – ქარგოლის საბაზო ნახვრეტის დიამეტრი.



სურ. 3. საყრდენი სიბრტყის დამუშავების სქემა დაზ მეთოდით.

1 – ალმასური სახეხი ქარგოლი; 2 – კასეტა; 3 – დასამუშავებელი ნაზადი



სურ.4. საყრდენი ზედაპირის ხეხვის სქემა ნაზადის წრიული მიწოდებით და მოზამზარე დაწოლის ძალით.

1 – ალმასური სახეხი ქარგოლი; 2 – კასეტა; 3 – დასამუშავებელი

ნაზადები; I და II ქარგოლის პერიფერიით ხეხვის არეები შესაზამისად გარე და შიგა დიამეტრებზე

ალმასური სახეხი ქარგოლის კონსტრუქციული ზომების შერჩევისათვის საჭიროა მუშა ზედაპირის სიგანის საანგარიშო მნიშვნელობის განსაზღვრა გამოსახულებიდან:

$$B = \left\{ \frac{d_{kp}}{2} - \left[\left(\frac{d_{kp}}{2} \right)^2 - \frac{P_{max}}{p \cdot 10^3} \cdot \frac{360}{\pi \cdot a} \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot 10^3,$$

სადაც d_{kp} არის სახეხი ქარგოლის დიამეტრი (მ); P_{max} – დაწოლის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა (ნ), რომელიც მიიღწევა ჩარხის პნევმოსისტემით; p – დეტალის დასამუშავებელი ზედაპირის ქარგოლის მუშა ზედაპირზე ხვედრითი დაწოლის ძალა (კპა), a – დეტალისა და ქარგოლის კონტაქტის სკალის კუთხე.

შენიშვნა. ჩარხზე მიიღწევა $P_{max} \sim 800$ H დაწოლის ძალა. კვლევებით ტექნიკური კერამიკის დამუშავებისათვის $p \sim 200...300$ კპა).

ჩარხზე მეორე მუშა ზონა (სურ. 2, ბ) განკუთვნილია კერამიკული ფილების პერიმეტრის დასამუშავებლად. მასზე განხორციელებულია სიბრტყის ხეხვის სქემა შეჭრის მეთოდით მოზამზარე ძალით. ამასთანავე, სტანდარტული ქარგოლის ზომები (D და B) შეირჩევა დეტალის დასამუშავებელი ზედაპირის ქარგოლის მუშა ზედაპირით სრული გარანტირებული გადაფარვის პირობიდან.

სპეციალურ ჩარხზე შესამღებელია ხეხვა ხისტი მიწოდებით, რომელიც სრულდება ორივე მუშა ზონაში განივი მიწოდების მექანიზმით – 1 მკმ სიზუსტით. ამ დროს პნევმოსისტემა გამორთულია.

ამრიგად, წარმოდგენილი სპეციალური ჩარხი არის მოდერნიზებული უნივერსალურ-საამლესო ჩარხი. მოდერნიზებულ ვარიანტში შენარჩუნებულია

ლია ყველა მუშა და დამყენებელი მოძრაობა: მაგიდის გრძივი გადაადგილება, ციგის განივი გადაადგილება, დგარის ვერტიკალური გადაადგილება სახეხი ქარგოლის შპინდელის ვეგთან ერთად, სახეხი ქარგოლის შპინდელის ბრუნვითი მოძრაობა, შპინდელის ვეგის დამყენებელი ბრუნვითი მოძრაობა ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ღერძების მიმართ, მაგიდის დამყენებელი მობრუნება გრძივი მიმართველების მიმართ. ჩამოთვლილთაგან მოდერნიზებულ ჩარხზე გამოიყენება მთავარი მოძრაობა სახეხი ქარგოლის შპინდელის ბრუნვა და მაგიდის განივი ციგის სწრაფი წინსვლით-უკუქცევითი მოძრაობა პნევმოცილინდრის საშუალებით დეტალის მოდულურ ვეგებთან ერთად.

დასკვნა

ჩატარებულ საკვლევ-საკონსტრუქტორო-ტექნოლოგიური სამუშაოს საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

– შემუშავებულია სპეციალური ჩარხი (ნახევარავტომატი) კერამიკული ფილების საყრდენი სიბრტყეებისა და პერიმეტრის ალმასური ხეხვისათვის, უნივერსალურ-საამლესო ჩარხის მოდერნიზაციის გზით;

– სპეციალურ ჩარხზე რეალიზებულია სალი და მყიფე არალითონური, კომპოზიციური-კერამიკული მასალების დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვის მეთოდით ალმასური ხეხვის ოპტიმალური პირობები: ხეხვის სიჩქარე – 6...12 მ/წმ, დასამუშავებელი ნამზადის სახეხი ქარგოლის მუშა ზედაპირზე ხვედრითი დაწოლა – 100...1000 კპა;

– სპეციალური ჩარხის, როგორც საცდელი სტენდის გამოყენება ეფექტურადაა შესაძლებელი უახლესი კომპოზიციური, კერამიკული მასალების ალმასური ხეხვით დამუშავებადობის საკვლევად, აგრეთვე ამავე მასალების მადალხარის-ხოვანი სატესტე ნიმუშების დასამზადებლად; სპეციალური ჩარხის კონსტრუქციული ნიშან-თვისებებისა და მისი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების კომპლექსი წარმოადგენს მდიდარ საბაზო

მონაცემთა კრებულს, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია მაღალი ეფექტის მქონე ტექნოლოგიური მოწყობილობის დაპროექტება რიცხვითი პროგრამული მართვით დიდი პერიმეტრის ტექნიკური კერამიკის დეტალების დასამუშავებლად, მისაღწევი ზომის აქტიური კონტროლის, ჩარხის გაწყობის, სახეხი ქარგოლის მუშა ზედაპირის ფორმის სიზუსტისა და მისი ჭრის უნარის მოთვალთვალე სისტემების გამოყენებით.

ლიტერატურა

1. European Patent. (n.d). *Device for Surface Machining*. (No 88901155. 7 MKU B 24 B 7/16, 37/04);
2. Patent of USA. (n.d). *Device for the flat surface abrasive Machining*. (No 4901477 MKU B 24 B 5/00);
3. Batiashvili, B.I., Butskhrikidze, D.S., Mamulashvili, G.L., Mgaloblishvili, O.B., Turmanidze, R.S., Kromp, K., Mills, B., Steinkellner, W., Schafner, E., Rösel, F.G., Peterlik, H. (2001). *Evaluation of surface preparation techniques. SFG: Swing Frame Grinding and LPG: Low Temperature Grinding, by comparison of results on alumina and siliconcarbide model materials*. International Conference Stará Lesná, High Tatras: Fractography of Advanced Ceramics;
4. Batiashvili, B.I., Butskrikidze, D.S., Mamulashvili, G.L., Turmanidze, R.S., Kromp, K., Mills, B., Mgaloblishvili, O.B. (2001). *Technological Possibilities of Low Precision Grinding Process when Machining Hard and Brittle materials*. International Conference Stará Lesná, High Tatras: Fractography of Advanced Ceramics;
5. Turmanidze, R., Butskrikidze, D., Kromp, K., Mills, B. (2002). *Low temperature precision grinding of hard and brittle materials*. Problems of mechanics and physiko-chemistry of the process of abrasive machining, 490-499 p.p.;
6. Turmanidze, R.S., Butskrikidze, D.S., Mamulashvili, G.L., Kromp, K., Mills, B., Morgan, M., Mgaloblishvili, O.B. (2003). *Low-temperature precision grinding of hard and brittle materials and Outlook of its development and application. Proceedings of 19th NCMR Conference, Glasgow*;
7. Richter, H.G., CeramTec, A.G. *Central Development*. Prochingen, Germany, Fractography of Bioceramics. Key engineering Materials Vol. 223 (2002) p.p. 157-180. Trans Tech Publications, Switzerland.

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-4-114-123>

Special Device for Diamond Grinding of the Backup Surfaces and Perimeter of Articles from Non-metallic Ceramic Materials

David Butskhrikidze Department of Industrial Technology of Mechanical Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a M. Kostava str.

Reviewers:

G. Khvichia, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: givi1949@mail.ru

V. Kiria, Associate Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: v.kiria@gtu.ge

Abstract. In developed countries, material scientists are working intensively to create high-strength (metallic) technical ceramics. If such a material is created, it will be possible to manufacture such parts of power units (transmissions) of cars as shafts, turbines, etc. In the future, the latest composite ceramic materials with unique properties will gradually replace metals in the production of machine parts.

Special device for diamond grinding of articles from composite, non-metallic, brittle materials (technical ceramics on the base of SiC, Al₂O₃; polycrystalline diamond, composite – Si + SiC + diamond etc.) is a universal flat grinding machine that enables to grind with high productivity both supporting main surfaces and lateral side surfaces – perimeter of an article of prismatic shape.

It is also possible to grind substrates of other configurations – round, oval, etc. Grinding depending on sizes of articles can be done of both single and group of articles. The grinding takes place by the means of spring feeding of the article by pneumatic system that enables to prevent breakage of articles from brittle non-metallic materials in process of machining and obtain maximum high quality of the machined surface.

Keywords: ceramics; composite; device; diamond grinding; superhard.

UDC 621.921

SCOPUS CODE 2503

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-4-114-123

Специальный станок для алмазного шлифования опорных поверхностей и периметра плит из технической керамики

Давид Буцхрикидзе Департамент производственных процессов инженерии механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68^a
E-mail: d.butskhrikidze@gtu.ge

Рецензенты:

Г. Хвичия, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: givi1949@mail.ru

В. Кирия, ассоциированный профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: v.kiria@gtu.ge

Аннотация. В развитых странах материаловеды интенсивно работают над созданием высокопрочной (металлической) технической керамики. В случае создания такого материала можно будет изготавливать такие детали силовых агрегатов (трансмиссий) автомобилей как: валы, турбины и т. д. В будущем новейшие композиционные керамические материалы с уникальными свойствами постепенно вытеснят металлы в производстве деталей машин.

Полуавтомат для алмазного шлифования изделий из композиционных, неметаллических, хрупких материалов (техническая керамика на базе SiC, Al₂O₃; поликристаллический алмаз, композит – Si + SiC + алмаз и др.) является универсальным плоскошлифовальным станком, который позволяет обработать с высокой производительностью как опорные – основные поверхности, так и боковые поверхности – периметр изделия призматической формы. Также имеется возможность обработки подложек других конфигураций – круглые, овальные и др. Можно производить обработку как единичного изделия, так и группы изделий в зависимости от их размеров. Обработка ведётся способом подпружиненной подачи изделия пневмосистемой, который позволяет предотвратить поломки изделий из хрупких неметаллических материалов в процессе обработки и получить максимально высокое качество обработанной поверхности.

Ключевые слова: алмазное шлифование; керамика; композит; сверхтвердый; специальный станок.

განხილვის თარიღი 17.06.2021

შემოსვლის თარიღი 24.06.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

აბრალავა ა. 28	კობიაშვილი ა. 37
ავსაჯანიშვილი ი. 92	მაისურაძე ლ. 80
ბუჩუკური-სოლოლაშვილ ს. 21	მალაქელიძე ა. 62, 71
ბუცხრიკიძე დ. 105, 114	ქუთათელაძე რ. 37
გრიგალაშვილი ჯ. 46	ღვარციანი ვ. 13
გუგულაშვილი გ. 13, 21	ჯორბენაძე ზ. 28
დარჩიაშვილი ნ. 37	ჯოჯუა ზ. 46
ისაკაძე თ. 13, 21	ჯოჯუა ნ. 46

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

ბაკაშვილი ნ. 28	სანიკიძე მ. 80
ბარათაშვილი ე. 37	სანიკიძე მ. 92
ბერუაშვილი გ. 13, 21	სულაძე ს. 13, 21
ბიბიჩაძე დ. 28	ქირია ვ. 114
თალაკვაძე მ. 105	შუბლაძე თ. 80, 92
კიკნაძე მ. 37	ჩხაიძე თ. 105
კოტრიკაძე ქ. 46	ხვიჩია გ. 114
მარდაშოვა მ. 62, 71	ჯღამაძე ა. 62, 71
ოდუშარია კ. 46	

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 მოგვარდოს 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 აქტუალურობის, 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 სტატიაა, 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_butenko20 May, 2009 (In Russian).
5. Svanidze G.G., Gagua V.P., Sukhishvili E.V. “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).

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 Teqniki 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/10.36073/1512-0996-2021-4>

რედაქტორები: მ. ბაზაძე, ა. ეგოროვი
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 04.10.2021. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2021. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8.5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent