

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

მომავალკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

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

Certificate
ICI Journals master List



ურომები
WORKS
ТРУДЫ
N1(515)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2020

დაარსებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული ანის ყოველკვარცაღური მუდგობისციპლინური რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში - Index Copernicus International.

ყველა უფლება დაცულია. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სტატიის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება ანც ერთი ფონდითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

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

სტატიის ავტორის (ავტორების) პოზიციის შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ გულწრფელი მადლიერებით მიიღებს ყველა კონსტრუქციულ შენიშვნას, წინადადებას და გამოიყენებს საქმიანობის შემდგომი სრულყოფისათვის.

მოგვწერეთ:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

შთაშვანი რედაქტორი

ა. ფრანგიშვილი

შთაშვანი რედაქტორის მოხელეები:

დ. კდიმიაშვილი

ბ. გასიცაშვილი

სარედაქციო კოლეგია:

ა. აბრადავა, გ. აბრამიშვილი, ა. აბშიდავა,
თ. ამბროლაძე, ე. ბარათაშვილი, თ. ბაციკაძე,
ჯ. ბერიძე, ს. ბიელეცკი (პოდლონეთი),
პ. ბიელივი (სლოვაკეთი), თ. გაბადაძე,
ჯ. გახოკიძე, თ. გელაშვილი, ა. გიგინეიშვილი,
გ. გომში (გერმანია), ივ. გონგიძე,
ად. გრიგორიშვილი, ედ. ედიშბარაშვილი, ს. ესაძე,
ვდ. ვარდოსანიძე, უ. ზვიადაძე, თ. ბუმბურიძე,
პ. ბუნკელი (ავსტრია), დ. თავხელიძე,
პ. თოდუა (რუსეთი), ი. კვესელავა, ფ. კვიციანი,
ა. კვეციანი (ესტონეთი), ბ. კვიციანი, თ. ლომინაძე,
ი. ლომიძე, ა. მამადისი (საბერძნეთი), მ. მაცაბერიძე,
თ. მეგრელიძე, მ. მესხი, ა. მონტონელიძე,
დ. მძინარიშვილი, დ. ნაწროშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი,
შ. ნემსაძე, დ. ნობაძე, გ. საღუქვაძე, ქ. ქოქრაშვილი,
ე. ქუთელია, ა. შარვაშიძე, ს. შმიდტი (გერმანია),
პ. შეროერი (გერმანია), მ. ჩხვიძე,
ბ. წვერიაძე, თ. ჯაგოდნიშვილი, თ. ჯიშკარია.

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020

ISSN 1512-0996



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
A. Prangishvili

Deputy Editors in Chief
L. Klimiashvili
Z. Gasitashvili

Editorial Board:

A. Abzalava, G. Abramishvili, A. Abshilava,
T. Ambroladze, E. Baratashvili, T. Batsikadze, J. Beridze,
S. Bielecki (Poland), P. Bielik (Slovakia), M. Chkheidze,
E. Elizbarashvili, S. Esadze, T. Gabadadze,
J. Gakhokidze, O. Gelashvili, A. Gigineishvili,
G. Gobsch (Germany), Iv. Gorgidze, Al. Grigolishvili,
T. Jagodnishvili, T. Jishkariani, A. Keevalik (Estonia),
Z. Kiknadze, K. Kokrashvili, E. Kutelia, I. Kveselava,
T. Kvitsiani, T. Lominadze, I. Lomidze,
A.G. Mamalis (Greece), M. Matsaberidze,
L. Mdzinarishvili, T. Megrelidze, M. Meskhi,
A. Motzonelidze, D. Natroshvili, N. Natsvlishvili,
Sh. Nemsadze, D. Nozadze, G. Salukvadze,
H. Stroher (Germany), H. Sunkel (Austria),
S.M. Schmidt (Germany), A. Sharvashidze,
D. Tavkhelidze, P. Todua (Russia), Z. Tsveraidze,
Vl. Vardosanidze, O. Zumburidze, U. Zviadadze.

© Publishing House “Technical University”, 2020



Учрежден в 1924 году.
Периодичность – 4 номера в год

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

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

Нарушение авторских прав наказуемо законом.

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

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

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

Пишите:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

А.И. Прангишвили

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ:

Л.Д. Климиашвили

З.А. Гаситашвили

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

А.Г. Абралава, Г.С. Абрамишвили, А.В. Абшилава,
Т.А. Амброладзе, Е.Ш. Бараташвили, Т.В. Бацикадзе,
С. Биелецки (Польша), П. Биелик (Словакия),
Дж.Л. Беридзе, Вл.Г. Вардосанидзе, Т.Г. Габададзе,
Дж.В. Гахокидзе, О.Г. Гелашвили,
А.В. Гигинеишвили, Г. Гобш (Германия), Ив.А. Горгидзе,
Ал.Р. Григолишвили, Т.А. Джагоднишвили,
Т.С. Джишқариани, У.И. Звиададзе, О.Г. Зумбуридзе,
Г. Зункел (Австрия), И.С. Квеселава, Т.А. Квициани,
А. Кеевалик (Эстония), З.Г. Кикнадзе,
К.А. Кокрашвили, Е.Р. Кутелия, И.Б. Ломидзе,
Т.Н. Ломинадзе, А. Мамалис (Греция),
М.И. Мацаберидзе, Л.Д. Мдзинаришвили,
Т.Я. Мегрелидзе, М.А. Месхи, А.Н. Моцонелидзе,
Д.Г. Натрошвили, Н.В. Нацвлишвили,
Ш.А. Немсадзе, Д.А. Нозадзе, Г.Г. Салуквадзе,
Д.Д. Тавхелидзе, П. Тодуа (Россия), З.Н. Цвераидзе,
М.М. Чхеидзе, А.М. Шарвашидзе,
С. Шмидт (Германия), Г. Штроер (Германия),
Э.Н. Элизбарашвили, С.Ю. Эсадзе.

© Издательский дом «Технический университет», 2020

ISSN 1512-0996



პროფესორ შალვა ნაჭყებიას ვულოცავთ საიუბილეო თარიღებს



გამოჩენილ ქართველ მეცნიერსა და ენერგეტიკოსთა მრავალი თაობის აღმზრდელს, პროფესორ შალვა ნაჭყებიას დაბადებიდან 75 და სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობის 50 წელი შეუსრულდა.

პროფესორი შალვა ნაჭყებია დაიბადა 1945 წლის 21 თებერვალს ქ. სენაკში იურისტის ოჯახში. 1952–1956 წლებში იგი სწავლობდა სენაკის პედაგოგიურ ტექნიკუმთან არსებულ საბაზო დაწყებით სასწავლებელში. შემდგომ სწავლა განაგრძო სენაკის პირველ საშუალო სკოლაში, რომელიც 1963 წელს ოქროს მედალზე დაამთავრა. იმავე წელს ჩაირიცხა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკის ფაკულტეტზე „ელექტრული სადგურების“ სპეციალობით. იყო სახელობითი სტიპენდიანტი.

1969 წელს წარჩინებით დაამთავრა ინსტიტუტი „ინჟინერ-ელექტრიკოსის“ კვალიფიკაციით და ენერგეტიკის ფაკულტეტის „ზოგადი და თეორიული ელექტროტექნიკის“ კათედრაზე დატოვეს ასისტენტად. ამავე დროს აირჩიეს ინსტიტუტის სტუდენტთა სამეცნიერო საზოგადოების საბჭოს თავმჯდომარედ.

1971 წელს ჩაირიცხა მოსკოვის ენერგეტიკის ინსტიტუტის ასპირანტურაში, სადაც 1975 წელს წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად და დაუბრუნდა მშობლიურ ინსტიტუტს, რომელსაც მთლიანად დაუკავშირა შემდგომი სამეცნიერო-პედაგოგიური და საზოგადოებრივი მოღვაწეობა.

ამავე პერიოდში 1979–1983 წწ. აირჩიეს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გაერთიანებული პროფკომის თავმჯდომარედ, 1983–1988 წწ. – პარტიული კომიტეტის მდივნის მოადგილედ, 1980–1994 წწ. – განათლების, უმაღლესი სკოლისა და სამეცნიერო დაწესებულებების მუშაკთა პროფკავშირების რესპუბლიკური კომიტეტის წევრად, 1980–1992 წწ. – განათლების, უმაღლესი სკოლისა და სამეცნიერო დაწესებულებების მუშაკთა პროფკავშირების ცენტრალური კომიტეტის წევრად, 1988 წ. – საკავშირო პროფკავშირების XVIII ყრილობის დელეგატად.

1998 წელს წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად და პროფესორის წოდება მიენიჭა.

2003 წელს პროფესორი შ. ნაჭყებია უკვე „ელექტრული სადგურების, ქსელებისა და სისტემების“ კათედრის გამგეა, ხოლო 2007 წლიდან დღემდე ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტის უფროსი.

1995–2007 წლებში იგი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სასწავლო ნაწილს ხელმძღვანელობდა და აქტიურად მონაწილეობდა TEMPUS-TACIS-ის საერთაშორისო პროექტებში უმაღლესი განათლების რეფორმების განხორციელებისა და „ბოლონის პროცესის“ შემადგენელი კომპონენტების სასწავლო პროცესში დანერგვის მიზნით.

2004 წელს მივლინებით იმყოფებოდა აშშ-ში, სახელმწიფო დეპარტამენტის განათლებისა და კულტურის განყოფილების პროექტის ფარგლებში, უმაღლესი განათლების მართვის გამოცდილების გასაცნობად.

სასწავლო-პედაგოგიურ საქმიანობასთან ერთად პროფესორი შ. ნაჭყებია ნაყოფიერ სამეცნიერო-კვლევით საქმიანობას ეწევა, რომლის შედეგები ასახულია მის შრომებში, სახელმძღვანელოებსა და მონოგრაფიებში.

ბატონი შალვა 60-ზე მეტი სამეცნიერო შრომის ავტორია, მათ შორის სამი სახელმძღვანელო, რვა გამოგონება და პატენტი.

2007 წელს გ. გიორგობიანსა და მ. რუხვაძესთან ერთად გამოსცა სახელმძღვანელო „ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების ელექტრული ნაწილი“, ხოლო 2008 წ. შ. ნემსაძესთან ერთად – „ელექტრული წრედების თეორია“. ხელმძღვანელობს დოქტორანტებისა და მაგისტრანტების სამეცნიერო მუშაობას. არის მრავალი მონოგრაფიისა და სახელმძღვანელოს სამეცნიერო რედაქტორი.

მონაწილეობდა ნიდერლანდებში, რუსეთში, აშშ-ში, გერმანიაში, უკრაინაში გამართულ საერთაშორისო კონფერენციებში.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია პროფ. შ. ნაჭყებიას საქმიანობა უახლესი ელექტრომაგნიტური მასალების თანამედროვე ელექტროტექნიკურ მოწყობილობებსა და დანადგარებში გამოყენების

შესწავლის მიმართულებით. მან საქართველოში ერთ-ერთმა პირველმა შეისწავლა ამორფული სტრუქტურის მქონე მაგნიტური მასალების თვისებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები.

1996 წ. პროფესორ შ. ნაჭყებია აირჩიეს საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრ-კორესპონდენტად, 2005 წელს – ნამდვილ წევრად, შემდგომ კი ენერგეტიკის განყოფილების აკადემიკოს მდივნად, საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის, აშშ-ის ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის ინჟინერთა IEEE საერთაშორისო ორგანიზაციის, აშშ-ის სამეცნიერო საზოგადოების Sigma Xi წევრად.

2012 წლიდან პროფესორი შალვა ნაჭყებია რუსეთის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრია, ხოლო 2014 წლიდან – საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი.

პროფესორ შ. ნაჭყებიას ბიოგრაფია შესულია ენერგეტიკოსთა საერთაშორისო ენციკლოპედიაში, რომელიც 2005 წელს გამოიცა. ის აქტიურად მონაწილეობდა საქართველოს ენერგეტიკოსთა ენციკლოპედიის გამოცემაშიც, როგორც სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

ელექტროტექნიკური მეცნიერების განვითარებისა და მაღალკვალიფიციური საინჟინრო კადრების აღზრდის საქმეში შეტანილი თვალსაჩინო პირადი წვლილისათვის პროფესორი შ. ნაჭყებია 1998 წელს „ღირსების მედლით“, 2003 წელს „ღირსების ორდენით“ და 2013 წელს განმეორებით „ღირსების ორდენით“ დაჯილდოვდა. იგი უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს წევრი გახლავთ.

პროფესორი შ. ნაჭყებია არის მეცნიერების ისტორიის საქართველოს საზოგადოების პრეზიდიუმის წევრი. განსაკუთრებით აღსანიშნავია მისი შრომები საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ისტორიისა და საინჟინრო დარგის გამოჩენილ მეცნიერთა და პედაგოგთა ცხოვრების და მოღვაწეობის შესახებ, რისთვისაც იგი 2014 წ., მეცნიერებაში მიღწეული წარმატებებისათვის, დაჯილდოვდა საპატიო მედლით. სულ ახლახან სტუ-ის აკადემიური საბჭოს გადაწყვეტილებით პროფესორი შ. ნაჭყებია დაამტკიცეს უნივერსიტეტის მემატიანეთა საბჭოს თავმჯდომარედ.

2001 წლიდან აქტიურად მონაწილეობდა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში – სულიერების დიდი კერის – თეოლოგიის კათედრის დაარსებაში, რისთვისაც სრულიად საქართველოს

კათოლიკოს - პატრიარქმა, მცხეთა-თბილისის მთავარეპისკოპოსმა, ბიჭვინთისა და ცხუმ-აფხაზე-
თის მიტროპოლიტმა, უწმინდესმა და უნეტარესმა ილია II-ემ საპატიო სიგელით დააჯილდოვა.

პროფესორი შალვა, როგორც საორგანიზაციო კომისიის წევრი, აქტიურად მონაწილეობდა
ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 75-ე, მე-80, 90-ე და 95-ე წლის საიუბილეო თარიღების
აღნიშვნაში.

პროფესორი შალვა ნაწყებია ქართული ინტელიგენციის ჭეშმარიტად გამორჩეული წარმომად-
გენელია. მან თავისი მოქალაქეობრივი თვისებებით საზოგადოების პატივისცემა და სიყვარული
დაიმსახურა. ბატონი შალვა ღირსეული ქართული ოჯახის თავკაცი გახლავთ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
საქართველოს ენერგეტიკის აკადემია
სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალ „ენერჯის“ რედაქცია

შინაარსი

აგრარული და ბიოლოგიური მეცნიერებები

თათია ხოსიტაშვილი, ნინო ლომიძე. პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენადმე ჩრჩილის <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917) ბიოეკოლოგიური თავისებურებების შესწავლა საქართველოში	15
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ბიზნესი, მენეჯმენტი და ბუღალტრული აღრიცხვა

რუსუდან ქუთათელაძე, მაია ჩხეიძე. კონცეპტუალური ქსელის კონსტრუირების პრობლემა	24
რამაზ ოთინაშვილი, ევგენი ბარათაშვილი, თეიმურაზ შაკიაშვილი. კონკურენტული დაზვერვის მენეჯმენტი	31

კომპიუტერული მეცნიერება

რომან სამხარაძე, სერგო მიქელაძე, ლია გაჩეჩილაძე. კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მეთოდის შემუშავება	40
რომან სამხარაძე, სერგო მიქელაძე, ლია გაჩეჩილაძე. კომპიუტერულ ქსელებში ხაზებზე დატვირთვების მოდელირება ერთი კრიტიკული ხაზის შემთხვევაში	46
ნოდარ უღრელიძე, ნონა დარასელია. ორგანოზომილებიანი სიგნალები ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაციით	52

მეცნიერება გადაწყვეტილების მიღების შესახებ

გელა ღვინევაძე. ინტერდისციპლინური მიდგომის დახმარებით ზოგიერთი რთული ლინგვისტიკური ამოცანის გადაწყვეტა	59
გელა ღვინევაძე, თორნიკე შავიშვილი. გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების მეთოდები	80

საინჟინრო საქმე

დემურ ტალახაძე, მიხეილ გამცემლიძე, როინ ენაგელი. ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრების ტექნოლოგიის კვლევა	94
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ალექსანდრე გორგოშიძე, ზურაბ ჩაჩხიანი. ელექტროსეპარატორის მოდელურ კონდენსატორში ინდუქციური დამუხტვის მინიმალური მუხტის დამოკიდებულება ელექტრულ ველზე	101
სალომე ონიანი, ია მოსაშვილი. ავტომატიზებული სისტემის ვერიფიკაციის პრობლემების დისტანციურად აღმოჩენის გზები.....	106
ალექსანდრე შერმაზანაშვილი, ჯემალ შარაშენიძე, სლავა მებონია. დერმსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის ფორმირების პროცესის ანალიზი.....	115
ომარ თედორაძე, დავით თავხელიძე. საქართველოს მძიმე და ჭარბტენიანი ნიადაგების პირობებში კარტოფილის ამღებ-დამტვირთველის საველე გამოცდის შედეგები	124
ლეონ მახარაძე. მაგისტრალურ მილსადენ ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში გარდამავალი პროცესებისა და ჰიდრავლიკური დარტყმების განვითარების მიზეზებისა და პირობების, აგრეთვე წნევების მკვეთრად გაზრდის საწინააღმდეგო ხერხებისა და საშუალებების კლასიფიკაცია	134
ირაკლი ქვარაია, ლიანა გორგობიანი. გუმბათის ჯვარი (მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის ისტორიისთვის).....	143
ირაკლი ქვარაია, ლიანა გორგობიანი. მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის საკურთხეველი და მისი მხატვრული გაფორმება	152

მათემატიკა

ლევან ჯიქიძე, ვარდენ ცუცქერიძე, ეკა ელერდაშვილი. ორ პარალელურ მბრუნავ ფოროვან დისკოს შორის დაწნეხილი გამტარი სითხის არასტაციონარული დინება, სუსტი მაგნიტური ველისა და სითბოგადაცემის გათვალისწინებით, ცვლადი ელექტროგამტარობის შემთხვევაში	161
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ავტორთა საძიებელი	169
რეცენზენტთა საძიებელი	170
ავტორთა საყურადღებოდ	171

CONTENTS

Agricultural and Biological Sciences

- Tatia Khositashvili, Nino Lomidze.** Study of the bioecological features of the South American tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in Georgia 15

Business, Management and Accounting

- Rusudan Kutateladze, Maia Chkheidze.** Conceptual network construction problem 24
- Ramaz Otinashvili, Evgeny Baratashvili, Teimuraz Shakiashvili.** Competitive intelligence management 31

Computer Science

- Roman Samkharadze, Sergo Miqueladze, Lia Gachechiladze.** Method for reducing system fluctuations in computer networks 40
- Roman Samkharadze, Sergo Miqueladze, Lia Gachechiladze.** Load simulation on lines in computer networks in case of one critical line 46
- Nodar Ugrelidze, Nona Daraselia.** Two-dimensional amplitude-phase shift keying signals 52

Decision Sciences

- Gela Gvinepadze.** Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach 59
- Gela Gvinepadze, Tornike Shavishvili.** Methods for improving decision-making efficiency 80

Engineering

- Demur Talakhadze, Mikheil Gamtsemlidze, Roin Enageli.** Study of a pre-enrichment technology for gold-containing polymetallic ores 94
- Aleksandre Gorgoshidze, Zurab Chachkhiani.** Dependence of the minimum charge of particle of induction charging on the electric field in the model condenser of an electric separator 101
- Salome Oniani, Ia Mosashvili.** Remote detection of automated system verification..... 106
- Alexander Shermazanashvili, Jemal Sharashenidze, Slava Mebonia.** Analysis of processes of formation of complex configuration surfaces of axisymmetric products..... 115
- Omar Tedoradze, David Tavkhelidze.** Results of field tests of potato assembly-loading machine used for heavy and wet soils of Georgia..... 124

Leon Makharadze. Classification of causes and conditions of development of nonstationary processes and water hammers in main pipeline hydraulic transport systems, as well as the methods and means preventing pressure surge	134
Irakli Kvaraia, Liana Giorgobiani. Dome Cross (For the History of the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount).....	143
Irakli Kvaraia, Liana Giorgobiani. The Altar of the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount and its painting	152
 Mathematics	
Levan Jikidze, Varden Tsutskiridze, Eka Elerdashvili. Nonstationary flow of a conducting fluid squeezed between two parallel rotating porous disks taking into account weak magnetic field and the heat transfer with variable electrical conductivity	161
 Author's index	169
Reviewer's index	170
Guidelines for Authors	177

СОДЕРЖАНИЕ

Аграрные и Биологические науки

- Татиа Хоситашвили, Нино Ломидзе. Изучение биоэкологических особенностей южноамериканского томата *Tuta absoluta* (Meurick, 1917) в Грузии..... 15

Бизнес, Менеджмент и Бухгалтерский учет

- Русудан Кутателадзе, Майа Чхеидзе. Проблема Конструирования Концептуальной Сети 24
- Рамаз Отинашвили, Евгений Бараташвили, Теймураз Шакиашвили. Менеджмент конкурентной разведкой..... 31

Компьютерные науки

- Роман Самхарадзе, Серго Микеладзе, Лия Гачечиладзе. Методика снижения колебаний системы в компьютерных сетях 40
- Роман Самхарадзе, Серго Микеладзе, Лия Гачечиладзе. Моделирование нагрузок на линии в компьютерных сетях в случае одной критической линии..... 46
- Нодар Угрелидзе, Нона Дараселия. Двумерные сигналы с амплитудно-фазовой манипуляцией 52

Наука о принятии решений

- Гела Гвинепадзе. Решение некоторых сложных лингвистических задач с помощью интердисциплинарного подхода 59
- Гела Гвинепадзе, Торнике Шавишвили. Методы повышения эффективности принятия решений..... 80

Инженерное дело

- Демур Талахадзе, Михаил Гамцемлидзе, Роин Энагели. Исследование технологии предварительного обогащения золотосодержащих полиметаллических руд 94

Александр Горгошидзе, Зураб Чачхиани. Зависимость минимального заряда отрывающихся частиц от зарядного электрода модельного конденсатора электросепаратора от напряженности электрического поля	101
Саломе Ониани, Иа Мосашвили. Способы удаленного обнаружения проблем автоматической проверки системы	106
Александр Шермазанашвили, Джемал Шарашенидзе, Слава Мебония. Анализ процессов формирования поверхности сложной конфигурации осесимметричных изделия	115
Омар Тедорадзе, Давид Тавхелидзе. Результаты полевых испытаний сборочно-погрузочной машины картофеля в условиях тяжелых и влажных почв Грузии	124
Леон Махарадзе. Классификация причин и условий возникновения нестационарных процессов и гидравлических ударов в магистральных трубопроводных гидротранспортных системах, а также способов и средств для предотвращения резких повышений давления	134
Ираклий Кварая, Лиана Гиоргобиани. Купольный крест (к истории церкви имени Иконы Иверской Божьей Матери на горе Махата).....	143
Ираклий Кварая, Лиана Гиоргобиани. Алтарь церкви имени иконы Иверской Божьей Матери на горе Махата и ее художественное оформление	152

Математика

Леван Джикидзе, Варден Цуцкиридзе, Эка Элердашвили. Течение проводящей жидкости сдавливаемой между двумя параллельными вращающимися пористыми дисками с учетом слабого магнитного поля и теплопередачи при переменной электропроводности	161
Указатель авторов	169
Указатель рецензентов	170
К сведению авторов	180

UDC 635.1

SCOPUS CODE 1109

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-15-23>

**პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილის *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)
ბიოეკოლოგიური თავისებურებების შესწავლა საქართველოში**

თათია ხოსიტაშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17

E-mail: tatakhosita@yahoo.com

ნინო ლომიძე აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზ. 17

E-mail: nnlomidze@yahoo.com

რეცენზენტები:

გ. ტყემალაძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: guram.tkemaladze@gtu.ge

თ. დარსაველიძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის მოწვეული ასოცირებული პროფესორი

E-mail: t.darsavelidze@gtu.ge

ანოტაცია. პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილი *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) ითვლება ინვაზიურ სახეობად ძალყურძენასებრთა ოჯახის მცენარეებისათვის. ამჟამად იგი გავრცელებულია თითქმის მთელს მსოფლიოში. პირველად 2006 წელს აღმოაჩინეს ესპანეთში, ერთი წლის შემდეგ – მაროკოსა და ალჟირში, შემდეგ წლებში კი – საფრანგეთში, იტალიაში, საბერძნეთში, მალტაში, დიდ ბრიტანეთში, ტუნისში, ლიბიასა და ალბანეთში.

საქართველოში 2011 წლის მარტის თვეში ხობის რაიონის სოფელ ხორგაში აღმოაჩინეს და დღეის მდგომარეობით საქართველოს ყველა მუნიციპალიტეტის სასათბურე მეურნეობაში გვხვდება.

საქართველოს პირობებში პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილის შესწავლის შედეგად გამოვლინდა, რომ მატლობის ფაზაში აქვს მღრღნეული პირის აპარატი, შესაბამისად მავნეობს მატლის სტადია. მისი მასპინძელი მცენარეებია ძალყურძენასებრთა ოჯახის კულტურული და ველური წარმომადგენლები, ძირითადად პომიდორი.

დაზიანება, რომელსაც იწვევს *Tuta absoluta* M სხვადასხვა კულტურის ნაყოფსა და მცენარის ფოთლის მეზოფილში, ამცირებს მცენარის ფოტოსინთეზის უნარს, რაც, თავის მხრივ, იწვევს ნაყოფის ზომის, სიმწიფის, პროდუქციის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების მინიმუმამდე შემცირებას, ხშირად კი – ნაყოფის სრულ ღოჭობას. გარდა ამისა, მაღალია მცენარის დაზიანებული ადგილე-

ბიდან პათოგენური მიკროორგანიზმების შეღწევის რისკი, რაც მოსავლის სრულ განადგურებას იწვევს. მავნებლის მესამე და მეოთხე ასაკის მატლები მცენარის ყველა ნაწილით იკვებებიან.

საქართველოში პირველად ჩვენ ჩავატარეთ პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილის (*Tuta absoluta*) კვლევა – ფაზების განვითარების ხანგრძლივობა განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: მავნებელი; მცენარეთა დაცვა; პომიდვრის მენაღმე; ქერცლფრთიანი; ჩრჩილი.

შესავალი

Tuta absoluta M მიეკუთვნება მიკროლეპიდოპტერას, რომელიც ხასიათდება დიდი რეპროდუქციით. წელიწადში 10–12 თაობა ვითარდება. ბიოლოგიური ციკლის განვითარებას ესაჭიროება 29–38 დღე, რაც განისაზღვრება გარემო პირობებით, ზამთარში სიცოცხლის ციკლი შეიძლება გახანგრძლივდეს 60 დღემდე. მავნებლის ონთოგენეზის ფაზებია: კვერცხი, მატლი, ჭუპრი და იმაგო ანუ ახასიათებს სრული მეტამორფოზი, რომლის დროსაც მატლს აქვს 4 ასაკი. მატლის განვითარების ფაზა გრძელდება 13–15 დღე. ზრდასრული ფაზა აქტიურდება ღამით, დღისით პასიურ მდგომარეობაშია და თავს აფარებს ფოთლებს. კვერცხს დებს ფოთოლზე, ღეროსა და ნაყოფზე, ძირითადად ფოთლის ქვედა მხარეს ძარღვების გასწვრივ (დაახლოებით 260 ცალი). ემბრიონული სტადია გრძელდება

5–7 დღე. საქართველოს პირობებში მავნებლის განვითარებისთვის ოპტიმალურ ტემპერატურად 20–25°C აღინიშნა [1],[3].

ძირითადი ნაწილი

მავნებელი ვრცელდება ჩითილით და პომიდვრის ნაყოფით.

ევროპისა და ხმელთაშუა ზღვის მცენარეთა დაცვის ორგანიზაციისა (*EPPO*) და ჩრდილოეთ ამერიკის მცენარეთა დაცვის ორგანიზაციის (*NAPPO*) მონაცემებით, *Tuta absoluta* ვრცელდება თესლით, პომიდვრის ნაყოფით და მოსავლის აღების დროს გამოსაყენებელი პლასტმასის კონტეინერებით. იმაგო და მატლი ძალზე სწრაფი მიგრაციის უნარით ხასიათდება [2].

Tuta absoluta M. (Arthropoda, Insecta, Lepidoptera, Gelechiidae)

სინონიმები:

- ▲ *Scrobipalpula absoluta* (Povolny, 1964)
- ▲ *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962)
- ▲ *Phthorimaea absoluta* (Meyrick, 1917)

ჩრჩილის მკვებავი ძალუყურმენასებრთა ოჯახის მცენარეებია: პომიდორი, ბადრიჯანი, კარტოფილი, ტკბილი წიწაკა, ლემა და ლენცოფა. მავნებელი ინტენსიურად სახლდება და ვითარდება პომიდვრის ჰიბრიდებზე – პინკ პარადაიზი, ენდორი, ბიგ ბიფი, მელოდია, ბელა როსა, სოლარინო, ტომი მარო მუჩო, კონფეტო. ყველაზე მისაღები აღმოჩნდა პინკ პარადაიზი და ენდორი. დაზიანების შედეგად ფოთოლზე ჩნდება ბუმტუკის ფორმის ნაღმები, ნაღმის ბოლოს ტოვებს ექსკრემენტებს. ნაღმი მუქდება და ნეკროზდება. კომერციული

ზარალი მავნებლის მასიური გავრცელების ზონაში 80–100% აღწევს (EPPO) (CABI). ასეთი დიდი ზიანის გამო შესაძლებელია, რომ პომიდვრის კულტურის მოყვანა ბევრ ქვეყანაში არარენტაბელური გახდეს.

მცხეთა-მთიანეთისა და გარდაბნის სასათბურე მეურნეობებში ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ კვერცხი მცირე ზომისაა, ცილინდრული, სიგრძით – 0.35 მმ, სიგანით – 0.22 მმ. ფერი მოყვითალო-თეთრი (ახალდადებული), მოყვითალო-ნარინჯისფერი – გამოჩეკის წინ. კვერცხს დებს ფოთლის ქვედა მხარეს, ცალ-ცალკე ან მცირე გუნდებად, იშვიათად ღეროზე და უფრო იშვიათად ნაყოფზე [1].

ცხრილი 1

**სქესობრივი პროდუქციის განაწილება
მცენარის ორგანოების მიხედვით**

ფოთლები	73%
ღეროები	21%
ჯამის ფოთოლაკები	5%
მწვანე ნაყოფები	1%

მატლი – მავნებელს ახასიათებს 4 ლარვული (მატლი) ასაკი. მისი განვითარების ხანგრძლივობა 13–15 დღეა. ჩვენი დაკვირვებით, სასათბურე მეურნეობაში განვითარება უფრო სწრაფად, 11–14 დღეში მოხდა [4].

მატლი ოთხივე ასაკში განსხვავებული ზომისა და შეფერილობისაა. პირველი ასაკის მატლის სიგრძეა 0.50 – 0.80 მმ, მოყვითალო-თეთრი, თავი – მურა შავი ფერის. ახალგაზრდა მატლი ნადმავს

ფოთოლს და იკვებება მეზოფილის ქსოვილებით, არ აზიანებს ეპიდერმისს. მეორე ასაკის მატლის სიგრძე საშუალოდ 2.80 მმ-ია. კვებასა და ზრდასთან ერთად მოყვითალო-მწვანე ფერს იღებს, თავის ზედა მხარეს შავი ზოლი აქვს. მესამე ასაკის მატლის სიგრძე საშუალოდ 4.50 მმ-ია. მეოთხე ასაკის მატლის სიგრძე 7.50 მმ-მდეა. ზრდასრული მატლი მომწვანო-ვარდისფერია, დაჭურვების წინ კვებას წყვეტს.

ჭურბი - ღია ყავისფერი, ახდილი, ფორმით ცილინდრული, შეფერილობა – ღია ყავისფერი, სიგრძე – 4.0–5.0 მმ, სიგანე – 1.10 მმ, იჭურება მის მიერვე გაკეთებულ აბლაბუდის თხელ პარკში.

დაჭურება შეიძლება მოხდეს ნიადაგის ზედა ფენაში, ფოთლის ზედაპირზე, ნაყოფზე, უპირატესად ნადმებში, რაც დამოკიდებულია გარემო პირობებზე.

ჭურბის განვითარების ხანგრძლივობაა 9.0–11.0 დღე. მავნებელმა შეიძლება გამოიზამთროს კვერცხის, ჭურბის ან იმაგოს სტადიაში.

იმაგო - გამლილი ფრთებით პეპელა 10.0–13.0 მმ-ია, მცირე ზომის, სიგრძე 5–6 მმ. წინა ფრთები მოკვერცხლისფრო-ნაცრისფერი ქერცლითაა დაფარული, რომელზეც მუქი ფერის ლაქებია. უკანა ფრთები ბევრად უფრო ვიწროა; როგორც წინა, ისე უკანა ფრთებს შემოვლებული აქვს მურა-ნაცრისფერი გრძელი ჯინჯილები. სხეული ვიწრო, მუცლის ბოლო წამახვილებული, ულვაშები ძაფისებრი, დამუხლული, მუხლები ორ ფერშია – მონაცვლეობით ღია და მუქი, სიგრძით 10.0 მმ. მამრი ჩრჩილის პეპელა უფრო მუქი ფერისაა, ვიდრე მდედრი. სიცოცხლის ხანგრძლივობა: ♀ - 10.0–15.0 დღე, ♂ - 6.0–7.0 დღე.

მავნებლის პოპულაციაში უმნიშვნელოდ ჭარბობს მდედრი ანუ სქესთა შეფარდება არის დაახლოებით 1:1. მდედრის მუცლის ქვედა ნაწილი თეთრია, გვერდებზე 4 შავი ზოლით. მდედრი დებს 160–260-მდე კვერცხს [4], [5].

მასალები და კვლევის მეთოდები

პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილის განვითარების ფაზები შევისწავლეთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენტომოლოგიის ლაბორატორიაში და გარდაბნის სასათბურე მეურნეობაში ფერომონული სქესმჭერების მეშვეობით, სადაც დადგინდა მავნებლის განვითარების ფაზების ხანგრძლივობა დღეებში და მდედრისა და მამრის სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვა

ტემპერატურაზე; განისაზღვრა გამოფრენილი პეპლების სქესთა შეფარდება, კვერცხების რაოდენობა, ემბრიონული განვითარების ხანგრძლივობა ბრემრის ფორმულით:

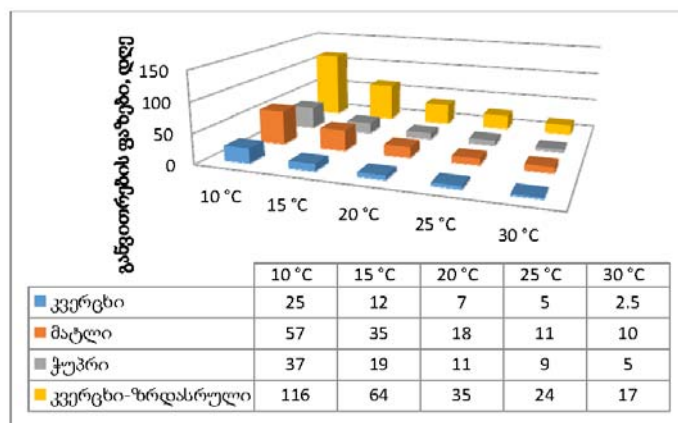
$$I = \frac{f}{m+f},$$

სადაც f მდედრების რიცხვია პოპულაციაში; m – მამრების რიცხვი. აღირიცხა პირველი, მეორე, მესამე და მეოთხე ასაკის მატლის განვითარებისა და დაჭურვების პერიოდი. დაჭურვებაზე კვლევები ლაბორატორიაში ჩატარდა.

იმაგოზე დაკვირვების შედეგად დავაფიქსირეთ კვერცხდების დასაწყისი და დასასრული, ყოველდღიურად ვაკვირდებოდით კვერცხის შეფერილობას, რათა დაგვედგინა მატლის გამოჩეკის ვადა და რაოდენობა.

დიაგრამა 1

პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენაღმე ჩრჩილის (*Tuta absoluta*) განვითარების ფაზების ხანგრძლივობა დღეებში, სხვადასხვა ტემპერატურულ პირობებში



შედეგების განსჯა

ექსპერიმენტები ჩატარდა 10–15–20–25 30°C. აღმოჩნდა, რომ *Tuta absoluta* M-მ დაასრულა თავისი განვითარება ყველა ამ ტემპერატურაზე. თერმული

მოთხოვნები შეფასებული იყო ოპტიმალურ ტემპერატურად, მაღიმიტირებელ ტემპერატურად შეფასებული იყო 8.0°C [2].

კვერცხდებამდე პერიოდი 10°C-ზე იყო უფრო ხანგრძლივი, მაგრამ უშუალოდ კვერცხდების პერიოდი იყო იგივე, ყველა ზემოთ აღნიშნულ ტემპერატურაზე. მავნებელი უფრო ინტენსიურად გამრავლდა 20 და 25°C-ზე, საშუალოდ ერთი მდედრის მიერ დადებული კვერცხების რაოდენობა მერყეობდა 160-დან 260-მდე.

Tuta absoluta M-ის მაღალი ნაყოფიერება დაფიქსირდა 15°C, 20°C და 25°C-ზე. მდედრებისა და მამრების სიცოცხლის ხანგრძლივობას შორის სხვაობა არ აღმოჩენილა.

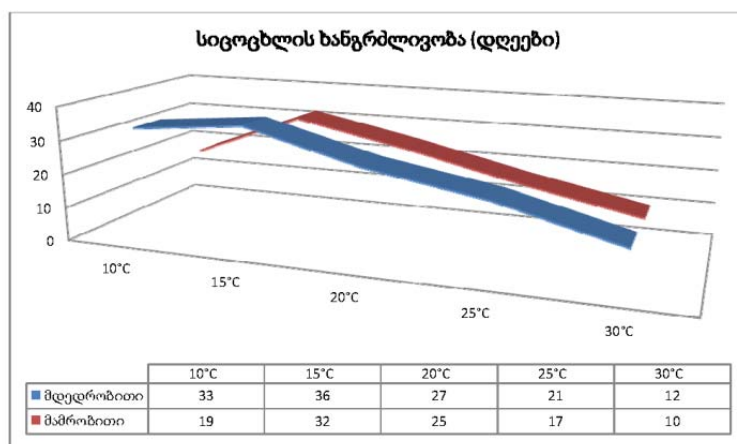
როგორც კვლევამ გვიჩვენა, პომიდვრის სამხრეთ ამერიკულ მენადმე ჩრჩილს შეუძლია ტემპერატურის ფართო სპექტრის პირობებში განვითარება. აქვე აღსანიშნავია ისიც, რომ მის რეპროდუქციასა და სი-

ცოცხლისუნარიანობაზე მკვეთრად ნეგატიურად მოქმედებს ექსტრემალური მუდმივი ტემპერატურა. მავნებელს ტემპერატურის ბუნებრივი ცვალებადობის პირობებშიც შეუძლია დააზიანოს პომიდვრის კულტურა.

ჩვენ მიერ გამოიცადა სრულიად ახალი ფერომონული სქესმჭერი დელტახაფანგი-ატრაქტანტი, რომელიც Qlure-TUA ეფუძნება და მისი მეშვეობით შევძელით მიგველო ინფორმაცია საწყის ეტაპზე მავნებლის გავრცელების შესახებ და აგრეთვე მავნებლის დასახლების სიმჭიდროვის ხარისხი, დამატებით შესწავლილ იქნა გამოფრენილი პეპლების სქესობრივი ინდექსი, სქესმჭერი ხაფანგების მეშვეობით, წყლის ხაფანგების (TLM) მეთოდის გამოყენებით.

დიაგრამა 2

Tuta absoluta M მდედრებისა და მამრების სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვა ტემპერატურაზე



როგორც წარმოდგენილი დიაგრამიდან ჩანს, 10°C-ზე, ხოლო 15°C და 20°C-ზე მნიშვნელოვანი სხვაობა არ დაფიქსირებულა. *Tuta absoluta* M ეკუთვნის მწერების პოლივოლტინურ სახეობებს, რომლის სხვადასხვა თაობის განვითარების ფაზები ერთმანეთში ირევა, რის

10°C-ზე, ხოლო 15°C და 20°C-ზე მნიშვნელოვანი სხვაობა არ დაფიქსირებულა.

Tuta absoluta M ეკუთვნის მწერების პოლივოლტინურ სახეობებს, რომლის სხვადასხვა თაობის განვითარების ფაზები ერთმანეთში ირევა, რის

გამოც პრაქტიკულად შეუძლებელია ზუსტი ფენო-გრამის შედგენა.

დასკვნა

- ადვენტური სახეობებიდან პომიდვრის კულტურაზე ყველაზე პრობლემატურია პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენადმე ჩრჩილი *Tuta absoluta*.
- *Tuta absoluta*-ს მატლობის ფაზაში აქვს მდრღნელი პირის აპარატი, შესაბამისად მავნეობს მატლი.
- საქართველოს პირობებში განვითარების ფაზები: კვერცხი, მატლი, ჭუპრი და იმაგო ანუ ახასიათებს სრული მეტამორფოზი.
- მავნებელი ზამთრობს კვერცხის, ჭუპრისა და ზრდასრულ ფაზაში. დაჭუპრება შეიძლება მოხდეს ნიადაგში, ფოთლის ზედაპირზე, უპირატესად ნაღმებში.

- ემბრიონის განვითარება გრძელდება 5–7 დღე, ჭუპრი 11–15 დღე, მატლი 11–14 დღე, ხოლო იმაგო შთამომავლობის უნარის მქონე ხდება ჭუპრიდან გამოფრენიდან 9 დღეში. ბიოლოგიური ციკლი სრულდება 29–38 დღეში. ერთი მდედრი დებს 160–260 კვერცხს.
- *Tuta absoluta* ხასიათდება მაღალი რეპროდუქციული პოტენციალით და ეკუთვნის მწერების პოლივოლტინურ სახეობას, რომლის სხვადასხვა თაობის განვითარების ფაზები ერთმანეთში ირევა, რის გამოც პრაქტიკულად შეუძლებელია ზუსტი ფენოგრამის შედგენა.
- მავნებელი უფრო ინტენსიურად მრავლდება 20 და 25 °C-ზე.
- პომიდვრის სამხრეთ ამერიკული მენადმე ჩრჩილს შეუძლია ტემპერატურის ფართო სპექტრის პირობებში განვითარება.

ლიტერატურა

1. Khositashvili T., Lobzhanidze M. Modern technologies to produce ecologically pure products for sustainable development of agriculture. Study of South American Tomato Moth (*Tuta Absoluta* M) in Georgian conditions and elaboration of measures for diminishing the harm. Tbilisi. 2016, 321-323 pp. (in Georgian).
2. European and Mediterranean plant protection organization. *Tuta absoluta* OEPP/EPPO. Bulletin OEPP/EPPO bulletin 35. 2005, 434–435 pp.
3. *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Thermal requirements and effect of temperature on development, survival, reproduction and longevity. Eur. J. Entomol. 112(4). 2015, 658-659 pp.
4. Khositashvili T., Lomidze N. Life cycle of South American tomato leaf miner (*Tuta Absoluta* M.). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. N 1(41). Tbilisi. 2019, 76-77 pp. (in Georgian).
5. APHIS-USDA. New pest response guidelines: Tomato leafminer (*Tuta absoluta*). 2011.
6. Lobzhanidze M., Beruashvili M. South American tomato leaf miner. Journal “Agrobasis”. N2. Tbilisi. 2015, 18-20 pp. (in Georgian).

UDC 635.1

SCOPUS CODE 1109

Study of the bioecological features of the South American tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in Georgia

Tatia Khositashvili Department of Agro-engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili str, 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: tatakhosita@yahoo.com

Nino Lomidze Department of Agro-engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili str, 0192 Tbilisi, Georgia
E-mail: nnlomidze@yahoo.com

Reviewers:

G. Tkemaladze, Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: guram.tkemaladze@gtu.ge

T. Darsavelidze, Invited Associate Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: t.darsavelidze@gtu.ge

Abstract. Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) is an important pest infesting solanaceous plants all over the world. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is one of the most important solanaceous vegetable crops. The tomato plants are currently infested with many serious pests, recently the most destructive ones, *Tuta absoluta* M. Since the first detection in Spain in 2006, this pest is spreading rapidly across Southern Europe and North Africa to engulf the whole of the Mediterranean countries. Up to date the presence of *Tuta absoluta* has been reported in Italy, France, Malta, United Kingdom, Morocco, Algeria, Tunisia, Libya and Albania.

As for Georgia, this pest has spread since March 2011 and it is the biggest problem in greenhouses today. *Tuta absoluta* spreads out very quickly and is one of the most important tomato pests in Georgia, which is posing a serious threat to tomato production.

The article discusses previously unknown details about *Tuta absoluta*, which invaded in Georgia from South America in the recent years. It is important to consider life cycle as well as the details such as: egg, larvae, pupa, adult - a full metamorphosis.

Tuta absoluta (Meyrick, 1917) is a micro lepidoptera insect. Its primary host is tomato. Potato, aubergine, common bean, physalis and various wild solanaceous plants are also suitable hosts. Damage is recorded in fetuses and leaves and in other organs. Damaged leaves shrivel, decreasing the photosynthetic capacity of the plants and potentially decreasing the plant's ability to defend itself from other harmful agents. When the attacks are severe, the leaves have a burnt appearance. Older (3rd-4th age) larvae can feed on all parts of tomato plants.

We have conducted a study of the development phases of the South American tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) under different temperature regimes for the first time in Georgia.

Key words: Biological control; insect; leafminer; Lepidoptera; plant protection.

UDC 635.1

SCOPUS CODE 1109

Исследование биоэкологических особенностей южноамериканского томата *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) в Грузии

Татиа Хоситашвили Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет. Грузия, 0192, г. Тбилиси, Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: tatakhsita@yahoo.com

Нино Ломидзе Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет. Грузия, 0192, г. Тбилиси, Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: nnlomidze@yahoo.com

Рецензенты:

Г. Ткемаладзе, профессор факультета аграрных наук и биосистем инженеринга ГТУ

E-mail: guram.tkemaladze@gtu.ge

Т. Дарсавелидзе, ассоц. профессор факультета аграрных наук и биосистем инженеринга ГТУ

E-mail: t.darsavelidze@gtu.ge

Аннотация. Личинка листовых томатов *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) является вредным организмом, заражающим пасленовые растения во всем мире. Помидор (*Lycopersicon esculentum* Mill.) является одной из наиболее важной пасленовой овощной культурой. Растения томата в настоящее время заражены многими серьезными вредителями, в последнее время наиболее разрушительными из которых являются *Tuta absoluta* М. Со времени первого обнаружения в Испании в 2006 году этот вредный организм быстро распространяется по Южной Европе и Северной Африке, охватывая все страны Средиземноморья, и на сегодняшний день *Tuta absoluta* было зарегистрировано в Италии, Франции, на Мальте, в Соединенном Королевстве, Марокко, Алжире, Тунисе, Ливии и Албании.

Что касается Грузии, этот вредитель распространился с марта 2011 года. Сегодня самая большая проблема в теплице, это один из самых основных вредителей томатов в Грузии, который представляет серьезную угрозу для производства томатов. Этот вредитель распространяется очень быстро.

В статье изложены ранее неизвестные подробности о *Tuta absoluta*, которая в последние годы вторглась в Грузию. Важно учитывать жизненный цикл, это детали: яйцо, личинка, куколка, взрослая - полная метаморфоза.

Tuta absoluta (Meurick, 1917) - это насекомые-микро чешуекрылые. Их основной целью является томат, хотя подходящими целями также являются картофель, баклажан, обыкновенная фасоль, физалис и различные дикие пасленовые растения. Повреждения у плодов и листьев, повреждения растений регистрируются в других органах, личинки *T. absoluta* атакуют листву, проникая в лист и питаясь тканями мезофилла. Поведение при кормлении приводит к появлению неправильных мин на поверхности листьев. Впоследствии поврежденные листья высыхают, снижая фотосинтетическую способность растений и потенциально уменьшая способность растения защищаться от других вредных веществ. Когда приступы сильны, листья имеют обгоревший вид. Более старые (3–4-й возраст) личинки могут питаться всеми частями растений томата.

Впервые в Грузии мы провели исследование фазы развития южноамериканского томата (*Tuta absoluta*) при различных температурных режимах.

Ключевые слова: Биологический контроль; защита растений; минирующая моль; насекомые; чешуекрылые.

განხილვის თარიღი 29.11.2019

შემოსვლის თარიღი 06.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 658.512.2

SCOPUS CODE 1404

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-24-30>

კონცეპტუალური ქსელის კონსტრუირების პრობლემა

რუსუდან ქუთათელაძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.kutateladze@gtu.ge
მაია ჩხეიძე	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: maiachkheidze@yahoo.com

რეცენზენტები:

მ. კიკნაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ა. კობიაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: anakobia@hotmail.com

ანოტაცია. კონცეპტუალური ქსელის კონსტრუირების პრობლემა კონსტრუქტის შენების იმ ტიპის მეთოდოლოგიის ჩამოყალიბებას გულისხმობს, რომელიც აკმაყოფილებს თანამედროვე მეცნიერული აზროვნების ძირითად მოთხოვნებს, კერძოდ ინტერდისციპლინარიზმს, ექსპანსიონიზმსა და ინტეგრაციულობას. შემუშავებული მეთოდოლოგია რელევანტურია იმ ტიპის კონსტრუქტისათვის, რომელიც ხასიათდება სისტემურობითა და ობიექტურობით.

საკვანძო სიტყვები: კონცეპტუალური ქსელი, სისტემური და ობიექტური კონსტრუქტები.

შესავალი

მოვლენათა და საგანთა შორის არსებულ მიმართებათა შესახებ არსებული ცოდნის რეპრეზენტაციის ერთეულია კონცეპტუალური ქსელი. კონცეპტუალური ქსელისათვის რელევანტური ცოდნა გულისხმობს ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობისა და გამოცდილების საფუძველზე მიღებულ საგნობრივი სფეროს კანონზომიერებებს. აღნიშნული კანონზომიერებები მოიცავს პრინციპებს, კავშირებსა და კანონებს.

კონცეპტუალური ქსელის მოდელი უნივერსალურია. იგი სამყაროს შესახებ არსებული მთელი ცოდნის მრავალფეროვნების გამოსახვის შესაძლებლობას იძლევა. კონცეპტუალურ ქსელში ინტეგრირებული ცნებები ქმნის იერარქიულ ქსელს. აღნიშ-

წული ქსელის სტრუქტურული თავისებურება – გრადუალურობა განპირობებულია ადამიანის მეხსიერებაში აკუმულირებულ ცნებათა შორის არსებული ურთიერთკავშირით. ცნებათა იერარქია არის გლობალური სქემა, რომელიც შეიძლება საფუძვლად დაედოს ნებისმიერი საგნობრივი სფეროს ცოდნის სტრუქტურის კონცეპტუალურ ანალიზს.

ძირითადი ნაწილი

ადამიანური ცოდნის ბუნება მონაცემებზეა დაფუძნებული. დიდი მოცულობის მასალა ურთიერთდაკავშირებულ მცირე ნაწილებად გარდაიქმნება. გადამუშავებული მონაცემები უკვე ინფორმაციაა, რომელიც ჩამოყალიბდება მონაცემთა გაანალიზების გზით, მონაცემების სინთეზის საფუძველზე კი ფორმირდება უფრო დიდი და რთული (მოდელზე დაფუძნებული) კონსტრუქტები.

ასახავს რა რეალობას, ადამიანი სწორედ სიტყვაში აფიქსირებს შემეცნების შედეგებს. ენობრივი ფორმით დაფიქსირებული ცოდნის ჯამი ის ფენომენია, რასაც „სამყაროს ენობრივი რეპრეზენტაცია“ ეწოდება.

ცოდნა იქმნება სპირალურად და, ერთი შეხედვით, ისეთი წინააღმდეგობრივი ფენომენებისაგან, როგორცაა წესრიგი და ქაოსი, მიკრო და მაკრო, ნაწილი და მთელი, გონება და სხეული, იმპლიციტური და ექსპლიციტური, "მე" და "სხვები", დედუქცია და ინდუქცია, შემოქმედებითობა და კონტროლი და სხვა. აზროვნება ახდებს ცოდნის შექმნის პროცესის სტიმულაციასა და ურთიერთდაპირისპირებულ ფენომენტს სინთეზს.

ცოდნა დინამიკურია, რადგან ის ინდივიდებს

შორის სოციალური ინტერაქციის შედეგად იქმნება. ცოდნა კონტექსტურია, რადგან დამოკიდებულია კონკრეტულ დროსა და სივრცეზე. კონტექსტის გარეშე ის უბრალოდ ინფორმაციაა და არა ცოდნა.

ცოდნა დაფუძნებულია ემპირიული გზით მიღებულ მონაცემებზე. იგი ადამიანის გონებრივი მოქმედების შედეგია, რომელიც მიმართულია მისი პრაქტიკული საქმიანობის შედეგად მიღებული გამოცდილების განზოგადებისკენ.

ცოდნის შექმნა ოთხი ინტეგრირებული პროცესის უწყვეტი ციკლის შედეგია. ეს პროცესებია:

- სოციალიზაცია (იმპლიციტური ცოდნის იმპლიციტურ ცოდნად გარდაქმნა) – ახალი იმპლიციტური ცოდნის გარდაქმნის პროცესი საერთო გამოცდილების საშუალებით. რაკი რთულია იმპლიციტური ცოდნის ფორმალიზება და დროითა და კონტექსტითაა დეტერმინირებული, მისი დაუფლება მხოლოდ ერთობლივადაა შესაძლებელი;
- დაკონკრეტება/ხელშესახები ფორმის მიცემა (იმპლიციტური ცოდნის ექსპლიციტურ ცოდნად გარდაქმნა) – იმპლიციტური ცოდნისათვის კონკრეტული ხელშესახები ფორმის მიცემა. ამ დროს ცოდნა თითქოს კრისტალიზდება და სხვებისათვის გაზიარების ფორმას იძენს. ის ახალი ცოდნის საფუძველი ხდება. იმპლიციტური ცოდნის ექსპლიციტურად გარდაქმნა დამოკიდებულია მეტაფორის, ანალოგიისა და მოდელის თანამიმდევრულ გამოყენებაზე;
- კომბინაცია (ექსპლიციტური ცოდნის ექსპლიციტურ ცოდნად გარდაქმნა) – ექსპლიციტური ცოდნის გარდაქმნა ექსპლიციტური ცოდნის უფრო რთულ და სისტემურ ნაკრებებად;
- გათავისება (ექსპლიციტური ცოდნის იმპლი-

ციტურ ცოდნად გარდაქმნა) – მისი საშუალებით შექმნილი და გაზიარებული ექსპლიციტური ცოდნა ინდივიდების მიერ იმპლიციტურ ცოდნად გარდაქმნება. გათავისება მჭიდროდ უკავშირდება "კეთებით სწავლას", როცა გათავისებული ცოდნა ინდივიდების იმპლიციტური ცოდნის ბაზის ნაწილი ხდება ერთობლივი მენტალური მოდელების ფორმით.

ცოდნის გარდაქმნის ეს ოთხი მექანიზმი ურთიერთდამოკიდებულია და იცვლება კონტექსტის მოთხოვნის შესაბამისად. სწორედ კონტექსტში ხდება ცოდნის გაზიარება, შექმნა და გამოყენება. სოციალური, კულტურული და ისტორიული კონტექსტები ქმნის ინფორმაციის ინტერპრეტაციისა და მისთვის მნიშვნელობის მინიჭების საფუძველს.

ცოდნის არსებითი მახასიათებელი მისი დისკრეტულობაა და რომ სწორედ ეს გარემოება გვაიძულებს მივმართოთ ენას, რომელიც ამ შემთხვევაში ასრულებს ცოდნის დანაწილების, ობიექტივიზაციისა და საბოლოოდ ინტერპრეტაციის ფუნქციებს. ეს ფუნქციები მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთმანეთთან და თანაარსებობაში იმ ნიშნებს ქმნის, რომლის მიხედვითაც დგინდება ენის მონაწილეობა სააზროვნო პროცესებში.

ჩვენი ცნობიერება ერთდროულად მთლიანობრივია და მრავალწახნაგოვანიც. სამყაროსთან ურთიერთქმედებაში სხვადასხვა ტიპის ცოდნას ვიღებთ. ცოდნის სხვადასხვა ტიპი განსხვავდება ერთმანეთისაგან ჭეშმარიტებისა და სანდოობის ხარისხით. მიუხედავად ჭეშმარიტების სახეობათა მრავალფეროვნებისა (აბსოლუტური, ფარდობითი, ობიექტური, სუბიექტური, ალბათური), მაინც შესაძლებელია ჭეშმარიტების უნივერსალური განმარ-

ტების ჩამოყალიბება: ჭეშმარიტება ჩვენი ცოდნისა და სამყაროს ადეკვატურობის კონსტატაციაა.

ბუნებრივია, ჩნდება კითხვა: რა ტიპის კონსტრუქტია კონცეპტუალური ქსელი? კონცეპტუალური ქსელი კონსტრუქტია, რომელიც ხასიათდება სისტემურობითა და ობიექტურობით.

სისტემურობა გულისხმობს, რომ ნებისმიერ ობიექტს აქვს მრავალდონიანი იერარქიული ორგანიზაცია. ნებისმიერი პროცესი და მოვლენა შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც უფრო წვრილი ქვესიმრავლეების (ნიშნები, დეტალები) სიმრავლე და, პირიქით, ნებისმიერი ობიექტი შეიძლება (და საჭიროა) განხილულ იქნეს, როგორც განზოგადების უფრო მაღალი კლასის ელემენტები.

რაც შეეხება ობიექტურობის კრიტერიუმს, უნდა ითქვას, რომ შემეცნების პროცესი ღრმად სუბიექტურია - იგი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული შემცნობი ობიექტის თავისებურებებზე. უფრო კორექტულია საუბარი გაგების სიღრმეზე, ვიდრე ცოდნის ობიექტურობაზე. რაიმეს გაგება რთული და არაერთმნიშვნელოვანი პროცესია, რომელიც ადამიანის შემეცნების სიღრმეებში ხდება და მოითხოვს მისი ყველა ინტელექტუალური და ემოციური უნარის მობილიზაციას.

კონცეპტუალურ ქსელში ხდება ცოდნის მაქსიმალურად სრული და ობიექტური რეპრეზენტაცია. რეპრეზენტაციის სისრულესა და ობიექტურობაში ვგულისხმობთ ერთეულის უნარს, ასახოს წარმოდგენა სამყაროსა და ადამიანზე, მათ შორის არსებულ კავშირზე (ადამიანის კავშირი ბუნებასთან, საზოგადოებასა და ადამიანებთან) და ადამიანის კავშირზე საკუთარ თავთან.

აღნიშნულ კონსტრუქტში ვლინდება მოვლენათა აღქმისა და ინტერპრეტაციის სპეციფიკა, ფიქსირდება ლინგვისტურ და ექსტრალინგვისტურ ფაქტორთა სინთეზი, იკვეთება სოციუმის შემეცნებითი და ტექსტობრივი მოღვაწეობის საფუძველზე ფორმირებული ერთეული, აღბეჭდილია ერის მსოფლმხედველობა, მსოფლაღქმა და მსოფლგანცდა – ადამიანთა პოზიციები, იდეალები, აღქმის პრინციპები, საქმიანობა, ღირებულებითი ორიენტაციები და სულიერი ორიენტირები.

ადამიანის ცნობიერების ყველა ასპექტის ინტეგრირება, ცოდნის აღნიშნულ სახეობათა ერთიანობა ჯამში ქმნის ერთეულს, რომელიც ერთდროულად პიროვნულ-ინდივიდუალურიცაა და ზეინდივიდუალურიც.

სამყაროს გააზრების შედეგი შემეცნების ყველა სახეობის შემთხვევაში ფიქსირდება ენის მატრიცებში, რომელიც ცნობიერების მოცემულ სახეობას ემსახურება.

კონცეპტუალური ქსელის თეორიული საფუძველი ეყრდნობა ჰიპოთეზას, რომ ლექსიკა სიტყვათა ურთიერთმართობების ბადაა. ქსელის გამოყოფა თემატურად განსაზღვრულ ერთეულად დაკავშირებულია კონცეპტუალური სემანტიკის პრინციპთან.

კონცეპტუალურ ქსელში ელემენტი განიხილება, როგორც გარკვეული მიკროსისტემის ნაწილი, მისი მნიშვნელობა შეისწავლება დანაწევრებული მთლიანობიდან ამოსვლით.

კონცეპტუალური ქსელისათვის საგულისხმოა ენობრივ მნიშვნელობათა მთლიანობის პრინციპი და მისგან გამომდინარე შინაარსობრივი ურთიერთ-

განსაზღვრულობის თვალსაზრისი. ეს პრინციპები იძლევა ენობრივ მნიშვნელობათა სწორედ შინაარსეულად კვლევის საშუალებას.

კონცეპტუალური ქსელი შედგება არა იზოლირებულ ელემენტთა უბრალო ჯამისაგან, არამედ დანაწევრებული ურთიერთდამოკიდებულებებისაგან. ამას მიუთითებს ადამიანის ენობრივი ალღო, რომელიც ენობრივ ფორმათა სწორ არჩევანს ახდენს მიზეზის გაუცნობიერებლად. ენობრივი ალღოს მეშვეობით ელემენტთა სწორი შერჩევა, შეფარდება გულისხმობს მათ შორის არსებულ დამოკიდებულებას თუ სიახლოვეს.

კონცეპტუალურ ქსელს არსებობის საკუთარი კანონი აქვს – მთელისგან ორგანული გამოყოფის კანონი, რომლის მიხედვითაც განსაზღვრავენ ერთმანეთს ორგანული მთელის წევრები თავიანთი ადგილის გათვალისწინებით ქსელში. კონცეპტუალური ქსელის სტრუქტურაზე მსჯელობისას სწორედ ორგანული გამოყოფის ცნებაა ფუძემდებლური.

ჩნდება კითხვები: „როგორ უნდა განხორციელდეს რთულ სისტემათა სემანტიკა იმისათვის, რომ მივიღოთ ადეკვატურად მოდელირებული სამყაროს ხატი?“, „რა მარკერები უზრუნველყოფს რთულ სისტემათა კოჰერენტულობას?“

კონცეპტუალური ქსელის კონსტრუირების მეთოდოლოგია უნდა ეფუძნებოდეს ინტერპრადიგმულობის პრინციპს, რაც გულისხმობს რთულ სისტემათა სემანტიკის როგორც იმანენტურ, ისე არა-იმანენტურ მიდგომათა ფარგლებში შემუშავებული მეთოდების სინთეზირებით. იმანენტური მიდგომის ფარგლებში გამოყენებული უნდა იქნეს ელემენტთა სემანტიკური სტრუქტურის დეკომპოზიცი-

ის მეთოდი, ხოლო არაიმანენტური მიდგომის ფარგლებში – ელემენტთა რანჟირებაზე დაფუძნებული ანალიზი.

დასკვნა

კონცეპტუალური ქსელის კონსტრუირების პრობლემა გულისხმობს გარკვეული უსრულობის "სისრულის" ჩარჩოებით შემოსაზღვრას. საგნობრივი სფეროს საზღვრების დადგენა გულისხმობს ქსელის კონფიგურაციის განსაზღვრისათვის საკმარისი შეზღუდვებისა და დაშვებების შემოტანის პროცესს.

კონცეპტუალური ქსელის სხვადასხვა პარადიგმის პერსპექტივებიდან კვლევა უზრუნველყოფს მრავალგანზომილებიან ფენომენტთა ადეკვატურ ინტერპრეტაციას. იმანენტურ და არაიმანენტურ მიდგომათა ფარგლებში გენერირებულ მეთოდთა სინ-

თეზირება იძლევა რთულ კონსტრუქტთა იერარქიის ღრმა ანალიზის შესაძლებლობას.

დეკომპოზიციის იდეაზე დაფუძნებული ანალიზის ფარგლებში ქსელის თითოეული მოდული საერთო კონსტრუქტის უმნიშვნელოვანესი ელემენტია, ხოლო რანჟირებაზე დაფუძნებული ანალიზი მიზნად ისახავს აბსტრაქციის მოწესრიგებულ სისტემადად იერარქიზებას.

კონცეპტუალური ქსელი გემტალტის კონსტრუქტია მის ერთ-ერთ პროექციაში. გვევლინება რაკონიტური პარადიგმის განსაკუთრებით მაღალორგანიზებულ სახეობად, კონცეპტუალური ქსელი საკუთარ თავში აერთიანებს და ამთლიანებს აღქმის სხვადასხვა ასპექტს. ეს არის სიტუაციის დაუნაწევრებელი აღქმის შედეგი და აბსტრაქციის უმაღლესი დონე.

ლიტერატურა

1. Fauconnier J. Methods and generalizations. In: Cognitive linguistics research series. Knowledge Science Institute. University of Calgary. 1998.
2. Fillmore C. J., Atkins B.T. Towards a frame-based organization of the lexicon: The semantics of RISK and its neighbours. In: Frames, fields, and contrasts: New essays in semantics and lexical organization. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. 1992.
3. Lakoff G. A study in meaning criteria and the logic of fuzzy concepts. V.8. Chicago. 1972.
4. Langacker R. The limits of continuity: discreteness in cognitive semantics. Amsterdam: "Benjamins". 1994.
5. Liming C., Shadbolt N., Carole A. Goble: A semantic web-based approach to knowledge management for grid applications. IEEE Transactions. Vol.19. 2007.

UDC 658.512.2

SCOPUS CODE 1404

Conceptual network construction problem

Rusudan Kutateladze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

Maia Chkheidze Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: maiachkheidze@yahoo.com

Reviewers:

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

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

A. Kobiashvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: anakobia@hotmail.com

Abstract. The article deals with the problem of constructing conceptual network. The mentioned problem implies the necessity of developing the methodology meeting essential requirements of modern scientific thought. These requirements are interdisciplinarity, expansionism and integrity of methodology. The developed methodology is relevant to the type of the construct being characterized by the systemic and objective nature.

Key words: Conceptual network; systemic and objective construct.

UDC 658.512.2
SCOPUS CODE 1404

Проблема конструирования концептуальной сети

რუსუდან კუტატელაძე Департамент бизнес администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.kutateladze@gtu.ge

მაია ჩხეიძე Департамент бизнес администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: maiachkheidze@yahoo.com

Рецензенты:

М. Кикнадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

А. Кобиашвили, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: anakobia@hotmail.com

Аннотация. Рассматривается проблема конструирования концептуальной сети. Указанная проблема предполагает необходимость разработки методологии, отвечающей существенным требованиям современной научной мысли. Этими требованиями являются междисциплинарность, экспансионизм и интегративность методологии. Разработанная методология соответствует типу конструкции, которая характеризуется системным и объективным характером.

Ключевые слова: концептуальная сетка; системный и объективный конструкт.

განხილვის თარიღი 19.09.2019

შემოსვლის თარიღი 01.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 339.15

SCOPUS CODE 1408

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-31-39>

კონკურენტული დაზვერვის მენეჯმენტი

რამაზ ოთინაშვილი	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: r.otinashvili@gtu.ge	ტექნიკური
ევგენი ბარათაშვილი	ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: e.baratashvili@gtu.ge	ტექნიკური
თეიმურაზ შაკიაშვილი	საინჟინრო ეკონომიკის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77 E-mail: teimuraz.shakiashvili@mail.ru	ტექნიკური

რეცენზენტები:

თ. დევიძე, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: tamardevidze@gtu.ge

ნ. გეგენავა, სტუ-ის საინჟინრო ეკონომიკის, მედიატექნოლოგიებისა და სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: NatoGegenava@gtu.ge

ანოტაცია. კონკურენტული უპირატესობის უზრუნველსაყოფად განვითარებულ ქვეყნებში XX საუკუნიდან აქტიურად დაიწყო „კონკურენტული დაზვერვის“ სპეციალური სამსახურების შექმნა. კომპანიისთვის ბიზნესდაზვერვის ამა თუ იმ ფორმის შერჩევა დამოკიდებულია ფირმის მასშტაბებსა და მოდერნიზაციის სფეროზე. ბაზრის მზარდი მოთხოვნიდან გამომდინარე, იქმნება საკონსულტაციო ფირმები, რომლებიც სპეციალიზირებულია ბაზრის შეფასებასა და რისკების ანალიზზე. მოცემულია კონკურენტული დაზვერვის მიზნები, ამოცანები,

დაზვერვის ციკლი შესაბამისი ეტაპებით: მიმართულება, შეგროვება, ანალიზი და გავრცელება. განალიზებულია პირველადი ინფორმაციის უპირატესობები. აღნიშნულია, რომ სტრატეგიული დაზვერვის დროს მოპოვებული ინფორმაცია უნდა პასუხობდეს ე.წ. "ხუთ W"-ს (Five Ws): who - ვინ; what - რა; when - როდის; where - სად; why - რატომ, რომელსაც კიპლინგის მეთოდს უწოდებენ. მოპოვებული პირველადი ინფორმაცია დამუშავებისა და შეფასების შემდეგ გადაეცემა ფირმის ტოპ-მენეჯმენტს. კონკურენტული დაზვერვა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ბიზნესისთვის, ის ქმნის

უსაფრთხოების განცდას და გამოიხატება იმაში, რომ კომპანიას თავად შეუძლია მართოს საკუთარი წარმატება და დაცული იყოს მოულოდნელი და არასასურველი გარემოებისა თუ ქმედებისგან.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნესი; ინფორმაცია; კომპანია; კონკურენტული დაზვერვა; მენეჯმენტი.

შესავალი

ბიზნესის განვითარების თანამედროვე ეტაპისთვის დამახასიათებელია გამწვავებული კონკურენცია შესაბამისი გამოვლენის ფორმებითა და მართვის მეთოდების მრავალფეროვნებით.

მენეჯმენტის მთავარი კომპონენტებია: მომხმარებლები, კონკურენტები და მიმწოდებლები. XX საუკუნემდე კომპანიების უმრავლესობა მზად არ იყო საჭირო ინფორმაციის შეგროვებისა და შესაბამისი ოპერატიული თუ სისტემური ანალიზის წარმოებისთვის. კვლევისა და დაგეგმვის პროცესი დამოუკიდებლად მიმდინარეობდა საჭირო დანაყოფებთან კოორდინაციისა და ურთიერთქმედების გარეშე. მოგვიანებით კონკურენტული უპირატესობების უზრუნველსაყოფად განვითარებული ქვეყნების ბიზნეს-კომპანიებში დაიწყო კონკურენტული დაზვერვის სპეციალური სამსახურების შექმნა.

იდეალური შედეგების მიღწევა რთულია, თუმცა შეიძლება ითქვას, რომ კონკურენტულ დაზვერვაზე ორიენტირებული ფირმები ყოველთვის უფრო წარმატებულია ვიდრე ისინი, ვინც ამ მომსახურებით არ სარგებლობს.

ძირითადი ნაწილი

თანამედროვე სამეცნიერო და ბიზნესინფორმაცია მეტწილად ხელმისაწვდომია. საინტერესო მონაცემების 95% შეგვიძლია მივიღოთ ინტერნეტიდან, სპეციალურ ჟურნალებსა და სამეცნიერო ნაშრომებიდან, ასევე კომპანიების წლიური ანგარიშებიდან, შიგა გამოცემებიდან, საინფორმაციო ბუკლეტებიდან, ბროშურებსა და პროექტებიდან. მთავარია მოვიძიოთ დარჩენილი 5% ინფორმაცია, რომელშიც იმალება ფირმის კომერციული საიდუმლო.

ინტერნეტი არის თანამედროვეობის უსაზღვრო საინფორმაციო ბაზა. ყველა იყენებს მას, როგორც ინფორმაციის მოპოვებისა და ანალიზის თანამედროვე, ეფექტიან, სწრაფ და ხელმისაწვდომ საშუალებას. მაგრამ, განსაკუთრებით აქტუალურია მოწინავე ინფორმაცია მათთვის, ვისაც აქვს კავშირი კონკურენტულ ბიზნესთან. ბიზნესდაზვერვის ქვაკუთხედი დროული და საჭირო ინფორმაციაა.

მსოფლიოს პირველი მილიარდელი, ამერიკელი ბიზნესმენი *ჯონ როკველერი* (1839–1937 წწ.) ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასაწყისში აწარმოებდა დაზვერვით საქმიანობას საკუთარი ბიზნესის გასაფართოებლად, როგორც თუნდაც დღევანდელი აშშ-ის მილიარდერი პრეზიდენტი *დონალდ ტრამპი* (დაბ. 1946 წლის 14 ივნისი). მიუხედავად სხვადასხვა საუკუნისა, სრულიად განსხვავებული ტექნოლოგიებისა და შესაძლებლობების ეპოქებისა, მათი ბიზნესების წარმატებაში არცთუ უმნიშვნელო როლი შეასრულა საჭირო და დროული კომერციული საიდუმლოებების მოპოვების გათვლილმა ტაქტიკამ.

ჯონ როკველერის ქონება სიმდიდრის მწვერვალზე 318 მილიარდ აშშ დოლარად შეფასდა. ამ დროს იგი 74 წლის იყო. ახალგაზრდობაში როკვე-

ლერი ოცნებობდა როგორმე ეშოვა 100 ათასი დოლარი. მან მოღვაწეობა უბრალო ბუღალტრად დაიწყო, მოგვიანებით საბითუმო ვაჭრობის მცირე ბიზნესი წამოიწყო. ბოლოს კი მსოფლიოში უმსხვილესი ნავთობკომპანია „Standard Oil“-ის დამფუძნებელი გახდა.

მისი კომპანია ისტორიაში შევიდა, როგორც აშშ-ის ყველაზე მსხვილი მონოპოლისტი. ამ დონემდე მიღწევას კი როგორც დიდმა შრომისმოყვარეობამ და ნიჭმა, ისე გარკვეულ სახელმწიფო თუ კერძო საიდუმლოებებზე წვდომამ და დაზვერვითმა საქმიანობამ შეუწყო ხელი. მაგალითად, კონკურენტთა სიხარბის სტიმულირების თავიდან ასაცილებლად Standard Oil-ის თანამშრომლებს უფლება არ ჰქონდათ გაემჟღავნებინათ საკუთარი ხელფასის რაოდენობა, ასევე თავი უნდა შეეკავებინათ სიმდიდრის აფიშირებისა და ფუფუნების საგნების ყიდვისაგან.

როკფელერი კომპანიაში იმდროინდელი მენეჯმენტის საუკეთესო მეთოდებს ნერგავდა. მოგების დიდი ნაწილის ინვესტირებას კვლავ წარმოების საშუალებებში ახდენდა. პარალელურად მნიშვნელოვან სახსრებს ხარჯავდა სამრეწველო ჯამბუშობაში.

საქმე იქამდე მივიდა, რომ XX საუკუნის დასაწყისში Standard Oil ამერიკის ნავთობის ბაზრის 90%-ს ფლობდა, ასევე მისი გადაზიდვის ქსელებს. შედეგად, მისი მონოპოლისტი კომპანია თავად სახელმწიფოს უწევდა კონკურენციას. აღნიშნული მნიშვნელოვან საფრთხეს უქმნიდა ქვეყნის ეროვნულ უსაფრთხოებას.

უმნიშვნელოვანესი რესურსის დიდი ნაწილის კერძო პირის ბიზნესში ყოფნით სახელმწიფოს ურთულებდა მისთვის საჭირო დროს სტრატეგიული

გადაწყვეტილების მიღებას. სწორედ ამან აიძულა აშშ-ის მთავრობა მიეღო ანტიმონოპოლიური კანონი (1890 წელს მიიღეს „შერმანის“, ხოლო 1914 წელს „კლეიტონის აქტის“ სახით), რათა საშუალება მისცემოდა კონტროლი დაეწესებინა უზარმაზარი რესურსის მქონე მილიარდერზე.

დონალდ ტრამპმა, აშშ-ის დღევანდელმა პრეზიდენტმა, სამშენებლო ბიზნესის ეფექტური მენეჯმენტით, მკვეთრად გაზარდა საკუთარი შემოსავლები. მისი უმთავრესი უპირატესობა სხვა ხალხისა და ინვესტორების ფულის გამოყენების უნარია, რასაც პირადი რეპუტაციისა და კომუნიკაბელურობის მეშვეობით საუკეთესოდ ახერხებს. შედეგად, დროთა განმავლობაში *დ. ტრამპმა* თავისი სახელი სავაჭრო ნიშნად აქცია.

1979 წელს Trump Tower-ის მშენებლობამ საბოლოოდ გაზარდა მისი მისწრაფება ძლევამოსილებისკენ. *დ. ტრამპის* ბიზნესის ასეთი ზრდა სწორედ დაუღალავ შრომასა და ალღოსთანაა დაკავშირებული. იგი მუდმივად სწავლობს კონკურენტების ქმედებებს, იკვლევს ბაზრის შესაძლებლობებს და კომერციული საიდუმლოს მისაღებად აქტიურად იყენებს როგორც კომერციული დაზვერვის, ისე მარკეტინგული ინფორმაციის შეგროვების თანამედროვე მეთოდებს.

როდესაც უძრავი ქონების ბაზარზე მისმა კონკურენტებმა დემპინგური ფასები დააწესეს, *ტრამპმა* მოიპოვა მისთვის საჭირო და მნიშვნელოვანი ინფორმაცია. შეისწავლა მოთხოვნა მოსახლეობის ელიტარულ ფენებში, გაეცნო მდიდრების ფსიქოლოგიას და მივიდა დასკვნამდე, რომ ისინი ყიდულობდნენ არა უბრალოდ საქონელს, არამედ, გარკ-

ვეულწილად, პრესტიჟსაც და ნაკლებად წუხდნენ მაღალი ფასის გამო. ამიტომ, მანჰეტენზე არსებული ტრამპის საოფისე ფართობებს, კონკურენტებისგან განსხვავებით (შემცირების ნაცვლად), ფასები მოემატა. მისი უძრავი ქონება იმდენად ძვირად ღირებული იყო, რომ „ოქროს მეტრები” შეარქვეს. ტრამპის პოლიტიკამ გაამართლა და კომერციული ფართობები უპრობლემოდ გაიყიდა, რაც მისთვის ზემოგების წყარო გახდა. საწყისი მილიონის შოვნის შემდეგ სხვა ბიზნესებში ინვესტირება უკვე ნაკლებ პრობლემებთან იყო დაკავშირებული.

ბაზრის მზარდი მოთხოვნიდან გამომდინარე, სპეციალიზებული საკონსულტაციო ფირმები, კონკურენტული დაზვერვის სფეროში, გათვითცნობიერებულია ბაზრის შეფასებასა და რისკების ანალიზზე. ერთ-ერთი ასეთია, მაგალითად, ცნობილი ამერიკული საკონსულტაციო ფირმა Fuld & Company. საქმიანობის ფარგლებში აღნიშნული კომპანიის სპეციალისტები ყურადღებას ამახვილებენ ღია წყაროებიდან მიღებული ინფორმაციის მოძიებაზე მასობრივი ინფორმაციის საშუალებებით, სპეციალიზებულ მონაცემთა ბაზებით (Lexis-Nexis, Dialog, Dow Jones), ინტერნეტით, ოფიციალური სახელმწიფო და ფინანსური ანგარიშებიდან და ა.შ. ანალიზის შედეგად აფასებენ კლიენტი ფირმების კონკურენტთა შესაძლებლობებს და იძლევიან შესაბამის რეკომენდაციებს, რომლებზე დაყრდნობითაც კლიენტი იღებს სტრატეგიულ მარკეტინგულ გადაწყვეტილებებს.

კონკურენტული დაზვერვის ძირითადი მიზანია ინტუიციური გადაწყვეტილების მიღების

ეტაპიდან ცოდნაზე დაფუძნებულ მართვაზე გადასვლა. აქედან გამომდინარეობს შემდგომი მიზნები:

- პრიორიტეტული კონკურენტების ქმედების მონიტორინგი;
- შესაძლო კონკურენტული სიტუაციების ანალიზი და შესაბამისი პროგნოზირება. რაც შეეხება კონკურენტული დაზვერვის ამოცანებს, ის გულისხმობს ინფორმაციის მოძიებას და ანალიზს შემდეგ თემებთან დაკავშირებით:
- პარტნიორები, აქციონერები, მოკავშირეები, კლიენტები და კონკურენტები;
- კომპანიების გაერთიანებები, შერწყმები და კრიზისული სიტუაციები;
- საკადრო პოლიტიკა;
- სავაჭრო ბრუნვა, ბიუჯეტი, ტენდენციები და სტატისტიკა;
- გაფორმებული ხელშეკრულებები, მიღწეული შეთანხმებები.

არსებობს ტაქტიკური და სტრატეგიული დაზვერვის ამოცანები. ტაქტიკური გულისხმობს მიმდინარე აქტუალურობის მქონე ინფორმაციის შეგროვებასა და ანალიზს გადაწყვეტილების მისაღებად, რომელიც ტექნოლოგიური და კომერციული ხასიათის მოკლევადიან პრობლემებთანაა დაკავშირებული. ტაქტიკური დაზვერვა ავლენს შესაძლო რისკებს და შესაბამისი დანაკარგის შეფასებით აკონტროლებს საფრთხეების წარმოშობის წინაპირობას.

კონკურენტული დაზვერვის ძირითადი მიმართულებებია:

- მოცემულ საბაზრო სეგმენტში ბიზნესის განვითარების ძირითადი ტენდენციების განსაზღვრა;
- ახალი შესაძლებლობების გამოვლენა და შესაბამისი პროგნოზები მოსალოდნელი ცვლილებების შესახებ.

სტრატეგიული დაზვერვის დროს მოპოვებული ინფორმაცია უნდა პასუხობდეს ე.წ. "ხუთ W" - ს (Five Ws): 1. who - ვინ; 2. what - რა; 3. when - როდის; 4. where - სად; 5. why - რატომ. ეს ე.წ. "ხუთი W" ინგლისელი ანალიტიკოს ჯოზეფ რედინარდ კიპლინგის სახელთანაა დაკავშირებული. ამიტომ მას ასევე „კიპლინგის მეთოდსაც“ The Kipling method (5W1H) უწოდებენ.

კონკურენტული დაზვერვის დანაყოფიდან მიწოდებული ინფორმაცია დინამიკაში ექვემდებარება მუდმივ/უწყვეტ გადამოწმებას საბაზრო გარემოში ცვლილებებისა და აქტუალურობის შესაბამისად. ამ პროცესების შედეგად მიღებულ და გადამუშავებულ ინფორმაციას სტრატეგიული მენეჯმენტი მხედველობაში იღებს გადაწყვეტილების მიღების დროს.

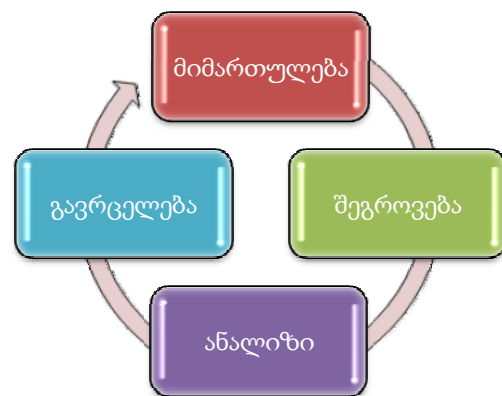
კონკურენტული დაზვერვის ეტაპები:

1. პრობლემებისა და პრიორიტეტების განსაზღვრა;
2. ინფორმაციის შეგროვება და მისი საიმედოობის შემოწმება;
3. შეგროვილი ინფორმაციისგან საბოლოო მონაცემების მიღება;
4. ინფორმაციის/მონაცემების დროულად გადაცემა ტოპ-მენეჯერზე ან მეპატრონეზე,

რომელიც განსაზღვრავს კომპანიის ბიზნესპოლიტიკას.

დაზვერვის ციკლი პროცესია, რომელსაც იყენებენ ანალიტიკოსები კონკურენტულ დაზვერვაში. იგი დაზვერვის ანალიტიკოსს საშუალებას აძლევს განსაზღვროს მომხმარებლის მოთხოვნები და შეიმუშაოს საჭირო ინფორმაციის მოპოვების გეგმა. მოპოვებული პირველადი ინფორმაცია დამუშავების (ანალიზისა და შეფასების) შემდეგ გადაეცემა კომპანიის ხელმძღვანელობას.

კონკურენტული დაზვერვის ციკლი ოთხი ეტაპისგან შედგება:



დაზვერვის ციკლი

1. მიმართულება არის საწყისი ეტაპი, რომელიც განსაზღვრავს შემდგომ პროცესს, ადგენს საინფორმაციო ხარვეზებს და სადაზვერვო მოთხოვნებს. ციკლის ეს ფაზა აგრეთვე მოიცავს სიტუაციის შეფასებას, სადაზვერვო ინფორმაციის მოპოვების აუცილებლობას და დაზვერვით პრიორიტეტებს.

აღნიშნულ ეტაპზე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ე.წ. "ხუთი W" (Five W) მოთხოვნის განსაზღვრის მეთოდოლოგია. ამავე ეტაპზე განისაზღვრება დაზვერვის ყველაზე გავლენიანი სფეროები. დაგეგმვის პროცესში მნიშვნელოვანია იმის განსაზღვრა, თუ რომელ კატეგორიაში ტარდება მოკვლევა ე.წ. OSINT-ის (Open Source Intelligence) მეთოდით. გარდა ამისა, ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე ადამიანისეული რესურსებისა და ტექნოლოგიების ჩართულობა უნდა განხორციელდეს მკაფიოდ განსაზღვრული ფუნქციებით და პასუხისმგებლობით;

2. შეგროვება არის მეორე ნაბიჯი და მოიცავს სხვადასხვა აქტივობას, ძირითადად კვლევას. აღნიშნული პროცესი ხორციელდება როგორც ტექნიკური, ისე ადამიანისეული რესურსებით;

3. ანალიზის (დამუშავების) ფაზა ითვალისწინებს ინფორმაციის შეფასებას პროფესიონალი ანალიტიკოსების მიერ, რომლებიც დეტალურად უნდა ერკვეოდნენ პრობლემაში, ვინაიდან სადაზვერვო ანალიზი ითვალისწინებს პრობლემის გადაჭრის გზებსაც. რაც უფრო მეტი ინფორმაციაა ხელმისაწვდომი, მით უკეთესად არის შესაძლებელი სიტუაციაში გარკვევა. ანალიზის აღნიშნული ეტაპი აჯამებს და დასკვნის სახით ამზადებს რეკომენდაციებს;

4. გავრცელება (განაწილება) არსებითად არის მზა ნაწარმის/მომსახურების მიწოდების ან წარდგენის ეტაპი, როდესაც საბოლოო პროდუქტი გადაეცემა მომხმარებელს, რომელმაც შეუკვეთა ან მოითხოვა ინფორმაცია. დაზვერვის გავრცელების „საუკეთესო მეთოდი“ ინ-

ფორმაციის მოკლედ და გასაგებად მიწოდება. როგორც წესი, ინფორმაციის გავრცელება ხორციელდება ორი ფორმით – წერილობით ან ზეპირსიტყვიერად.

მოპოვებული პირველადი ინფორმაცია დამუშავების ანალიზისა და შეფასების შემდეგ გადაეცემა მათ, ვინც ამ ინფორმაციას უნდა ფლობდეს. პირველადი ინფორმაციის უპირატესობებია:

- ინფორმაცია იკრებება ამოცანებისა და მიზნების შესაბამისად;
- არ არსებობს ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემები;
- ინფორმაცია სრულია;
- არის ახალი და დროული;
- ინფორმაცია, რომელიც მოიპოვება პირველწყაროდან, შედარებით სანდოა.

პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად გამოიყენება შემდეგი მიდგომები:

1. **„ვერტიკალურად ორიენტირებული“ მიდგომა.** მენეჯმენტი იღებს გადაწყვეტილებას კონკურენტული სადაზვერვო დანაყოფის შექმნის შესახებ და გადაწყვეტილების მიღების პროცესში აკისრებს მთავარ პასუხისმგებლობას და გადამწყვეტ როლს.

ამ მიდგომის თვალსაჩინო მაგალითი იყო 1970-იანი წლების დასაწყისში კომპანია „მოტოროლაში“ (Motorola, Inc.) კონკურენტული დაზვერვის დანაყოფის შექმნა. მთავარმა მენეჯერმა *რობერტ გალვინმა* მოიწვია პროფესიონალი *იან ჰერინგი* კონკურენტული დაზვერვის დირექტორის პოზიციაზე, რომელმაც პირველი თანამედ-

როვე ბიზნესდაზვერვის სისტემა შექმნა. აღნიშნული სამსახურის მუშაობა უნისონში მოდიოდა ეროვნული უსაფრთხოების პრინციპებთან, რომელიც დღეს ბიზნესსამყაროში აღიარებულია, როგორც ერთ-ერთი ყველაზე მოწინავე. სწორედ მან მიაღწევინა ამ კომპანიას თავის დროზე მნიშვნელოვან წარმატებებს. აღნიშნული დანაყოფი დღესაც სრული დატვირთვით მუშაობს.

2. ევოლუციური მიდგომით კომპანიაში საქმდება კვალიფიციური სპეციალისტი, რომელსაც შესაბამის მონაცემთა ბაზებთან მუშაობის გამოცდილება აქვს. მათი დამუშავებისა და რეკომენდაციების მომზადების პროცესი გადაიზრდება კონკურენტულ დაზვერვად.

კომპანიისთვის კონკურენტული დაზვერვის ამა თუ იმ ფორმის შერჩევა დამოკიდებულია ფირმის

მასშტაბებსა და მოღვაწეობის სფეროზე. ბიზნესი ირჩევს დაზვერვის იმ ორგანიზაციულ სტრუქტურას, რომელიც მისთვის უფრო მოსახერხებელი და მისადაგებული იქნება. განვითარებისა და შესაბამისი შედეგებისთვის მთავარია ტოპ-მენეჯმენტმა აღიაროს ამ სამსახურის მნიშვნელობა და აუცილებლობა, იზრუნოს მისი პროფესიული დონის შესანარჩუნებლად.

დასკვნა

კონკურენტული დაზვერვა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ბიზნესისთვის. ის ქმნის უსაფრთხოების განცდას, რაც გამოიხატება იმაში, რომ კომპანიას თავად შეუძლია მართოს საკუთარი წარმატება და დაცული იყოს მოულოდნელი, არასასურველი გარემოებისა თუ ქმედებისგან.

ლიტერატურა

1. Baratashvili E., Takalandze L., Abzalava A. Management and administration. Tbilisi: "Innovation". 2007, 715 p. (in Georgian).
2. Otinashvili R., Ushveridze L. Competition in business. Monograph. Tbilisi. 2019, 230 p. (in Georgian).
3. Otinashvili R. Business security. Lecture course. 2018, 324 p. (in Georgian).
4. URL: <https://countuponsecurity.com/2015/08/15/the-5-steps-of-the-intelligence-cycle/>
5. URL: <http://www.consultingmag.com/sites/cmag/2017/10/15/the-2017-global-leaders-in-consulting/?slreturn=20180508070436>
6. URL: <http://www.intelligence101.com/an-introduction-to-the-intelligence-cycle/>
7. URL: <http://www.academyai.com/jan-herring/>

UDC 339.15

SCOPUS CODE 1408

Competitive intelligence management

- Ramaz Otinashvili** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: r.otinashvili@gtu.ge
- Evgeny Baratashvili** Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: e.baratashvili@gtu.ge
- Teimuraz Shakiashvili** Department of Engineering Economics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: teimuraz.shakiashvili@mail.ru

Reviewers:

T. Devidze, Associate Professor, Faculty of Business Technology, GTU

E-mail: tamardevidze@gtu.ge

N. Gegenava, Professor, Department of Engineering Economics, GTU

E-mail: NatoGegenava@gtu.ge

Abstract. In the developed countries, in the XX century, in order to provide competitive advantages, specialized services of "Competitive Intelligence" have been actively launched. The choice of one or more forms of competitive intelligence depends on the size and scope of the firm. They focus on market assessment and risk analysis. The article discusses the goals, objectives, tasks of the competitive intelligence with the relevant stages of implementation: direction, collection, analysis and dissemination. The benefits of the primary information are analyzed. It's noted that the information obtained during the strategic intelligence should meet the so-called Five Ws (Five Ws): who - who; what - when; when - when - where; where - why - why, which is called the Kipling method. The primary information obtained after processing and evaluation is conveyed to the firm's top management. Competitive intelligence is very important to the business creating a sense of security so that the company itself can achieve its own success and be protected from unexpected and adverse circumstances.

Key words: Business; company; competitive intelligence; information; management.

UDC 339.15

SCOPUS CODE 1408

Менеджмент конкурентной разведкой

- Рамаз Отинашвили** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: r.otinashvili@gtu.ge
- Евгений Бараташвили** Департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: e.baratashvili@gtu.ge
- Теймураз Шакиашвили** Департамент инженерной экономики, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: teimuraz.shakiashvili@mail.ru

Рецензенты:

Т. Девидзе, ассоциированный профессор факультета бизнес-технологий ГТУ

E-mail: tamar devidze@gtu.ge

Н. Гегенава, ассоциированный профессор Факультета инженерной экономики, медиатехнологий и социальных наук ГТУ

E-mail: Nato Gegenava@gtu.ge

Аннотация. Для обеспечения конкурентных преимуществ в развитых странах с XX века активно началось создание сервисов «Конкурентной разведки», выбор формы которых зависит от размера и сферы деятельности фирмы. Эти услуги сосредоточены на оценке рынка и на анализе рисков. В статье рассматриваются цели и задачи конкурентной разведки. Цикл разведки с этапами реализации - направление, сбор, анализ и распространение. Проанализированы преимущества первичной информации. Отмечено, что информация, получаемая в ходе стратегической разведки, должна отвечать так называемой пяти W - называемый методом Киплинга: who - кто; what - что; when - когда; where - где; why – почему. Первичная информация после обработки и оценки передается высшему руководству фирмы. Конкурентная разведка жизненно важна для бизнеса, он создает чувство безопасности - что сама компания может добиться собственного успеха и быть защищенной от неожиданных и неблагоприятных обстоятельств.

Ключевые слова: бизнес; информация; компания; конкурентная разведка; управление.

განხილვის თარიღი 22.11.2019

შემოსვლის თარიღი 25.11.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 004.72

SCOPUS CODE 1705

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-40-45>

კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მეთოდის შემუშავება

- რომან სამხარაძე** კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: samkharadze.roman@mail.ru
- სერგო მიქელაძე** ინჟინერიის, აგრარულ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0800, ახალციხე, რუსთაველის 113
E-mail: se.miqeladze@gmail.com
- ლია გაჩეჩილაძე** კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

რეცენზენტები:

- ს. ხოშტარია**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: simonxoshtaria@mail.ru
- მ. კიკნაძე**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. თანამედროვე კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევა ხდება ქვექსელების დამაკავშირებელ ხაზებზე დატვირთვის ხშირი ცვლილების გამო. შემოთავაზებულია კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მეთოდი და შესაბამისი ალგორითმების სიმრავლე. მეთოდის თანახმად, გარკვეული პერიოდულობით სრულდება ორი ქვექსელის დამაკავშირებელი თითოეული ხაზის დატვირთულობის რაოდენობრივი შეფასება. ექსპერტული შეფასების საფუძველზე განისაზღ-

რება მაღალი დატვირთვის მქონე კრიტიკული და დაბალი დატვირთვის მქონე არაკრიტიკული ხაზები. ამოირჩევა მინიმალური დატვირთვის მქონე არაკრიტიკული ხაზი და მასზე შესრულდება პაკეტების გადაგზავნა მაქსიმალური დატვირთვის მქონე კრიტიკული ხაზიდან. შემუშავებული მეთოდიკა სხვადასხვა სირთულის მქონე ქვექსელებს შორის წარმატებით გამოიყენება სისტემის რხევების შემცირებლად. შესაძლებელი ხდება კრიტიკული ხაზების ადრეულ ეტაპზე გამოვლენა, ანალიზი და არაკრიტიკული ხაზების მიმართულებით პაკეტე-

ბის დროული გადაგზავნა. ეს კი, თავის მხრივ, იწვევს გადატვირთული კრიტიკული ხაზების დროულ და ეფექტურ განტვირთვას და პაკეტების დაკარგვის თავიდან აცილებას.

საკვანძო სიტყვები: პაკეტი; სისტემის რხევები; ხაზის გამტარუნარიანობა; ხაზის კრიტიკული მნიშვნელობა.

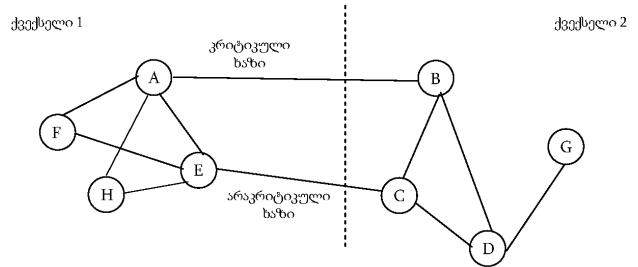
შესავალი

როგორც ცნობილია, თანამედროვე კომპიუტერულ ქსელებში ადგილი აქვს სისტემის რხევებს ქვესელების დამაკავშირებელ ხაზებზე დატვირთვების ხშირი ცვლილების გამო [3, 5-10]. რამდენიმე თანაბარი გამტარუნარიანობის მქონე ხაზიდან აირჩევა ის, რომელსაც ნაკლები დატვირთვა აქვს. შედეგად იზრდება არჩეული ხაზის დატვირთულობის მაჩვენებელი, ასევე სისტემის მუშაობის ეფექტურობა. დროის გარკვეული ინტერვალის შემდეგ ეს ხაზი ვერ შეძლებს პაკეტების გატარებას და ისინი სხვა ხაზზე გადაიგზავნება. მოცემული ხაზი პაკეტებს აღარ მიიღებს. დროის გარკვეული ინტერვალის შემდეგ ეს ხაზი განიტვირთება და ისევ დაიწყებს პაკეტების მიღებასა და გატარებას [1-2, 4]. ამ პროცესს გამუდმებით აქვს ადგილი. მაგრამ, აქვს დიდი ნაკლი, რაც მდგომარეობს სისტემის მუდმივ რხევებში. გამუდმებული რხევები ამცირებს ქსელის მუშაობის ეფექტურობას.

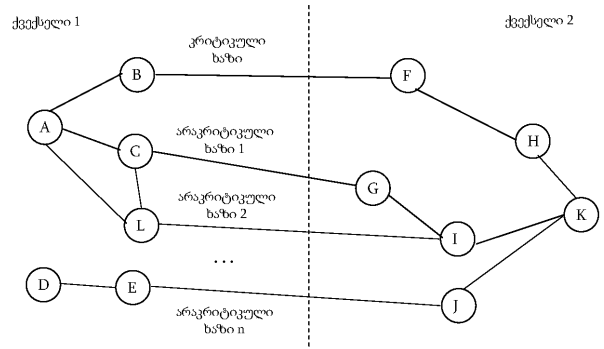
ძირითადი ნაწილი

კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მიზნით შემუშავებულია ალგორითმე-

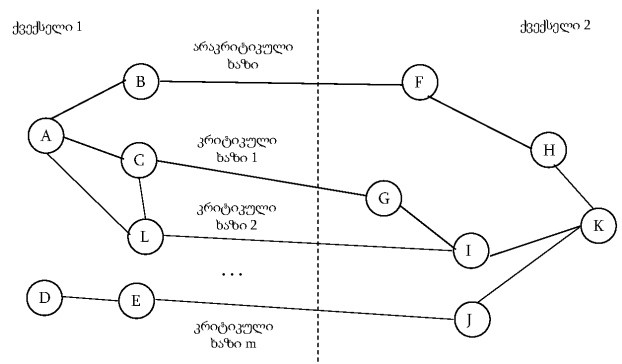
ბის სიმრავლე. ექსპერტული შეფასების საფუძველზე განისაზღვრება ხაზის გამტარუნარიანობის კრიტიკული მნიშვნელობა [1-2, 4].



სურ. 1. ორი ქვესელი, სადაც ერთი ხაზი კრიტიკულია, მეორე - არაკრიტიკული



სურ. 2. ორი ქვესელი, სადაც ერთი ხაზი კრიტიკულია, n ხაზი - არაკრიტიკული



სურ. 3. ორი ქვესელი, სადაც m ხაზი კრიტიკულია, ერთი ხაზი - არაკრიტიკული

ალგორითმი 1. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთი კრიტიკული და ერთი არაკრიტიკული ხაზი (სურ. 1). კრიტიკულია AB ხაზი, არაკრიტიკული – EC. არა-

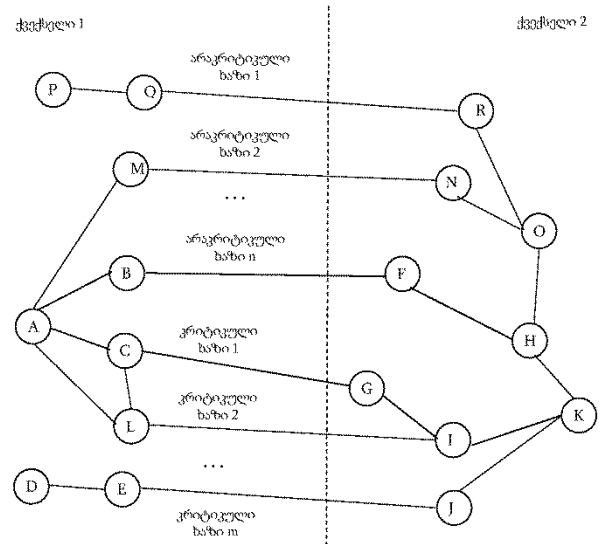
კრიტიკული ხაზის დატვირთულობიდან გამომდინარე, შეიძლება შესაძლებელი იყოს პაკეტების გადაცემა არაკრიტიკული ხაზიდან კრიტიკულ ხაზზე. თუ ეს შესაძლებელია, მაშინ შესრულდება პაკეტების გადაგზავნა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, პაკეტები დაელოდება არაკრიტიკულ ხაზზე დატვირთვის შემცირებას.

ალგორითმი 2. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთი კრიტიკული და n არაკრიტიკული ხაზი. კრიტიკულია BF ხაზი, არაკრიტიკული კი – CG, LI და EJ. ამ სამი ხაზიდან ამოირჩევა CG და LI, რადგან ამ ორ ხაზზე შეიძლება პაკეტების გადაცემა A წვეროდან. EJ ხაზი განხილვიდან გამოირიცხება. ამის შემდეგ განისაზღვრება CG და LI ხაზებს შორის მინიმალური დატვირთვის მქონე, $\min \{ CG, LI \}$. მუშაობას იწყებს **ალგორითმი 1**.

ალგორითმი 2 ითვალისწინებს შემთხვევას (სურ. 2), როცა პაკეტები ერთი კრიტიკული ხაზიდან შეიძლება ერთ ან მეტ არაკრიტიკულ ხაზზე გადაწვილიდეს. ეს შეიძლება მოხდეს მაშინ, როცა მინიმალური დატვირთვის მქონე ხაზი ვერ იღებს ყველა გადსანაწილებელ პაკეტს კრიტიკული ხაზიდან.

ალგორითმი 3. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთი არაკრიტიკული და m კრიტიკული ხაზი (სურ. 3). არაკრიტიკულია BF ხაზი, კრიტიკული კი – CG, LI და EJ. ამ სამი ხაზიდან ამოირჩევა CG და LI, რადგან ამ ორ ხაზზე შეიძლება პაკეტების გადაცემა A წვეროდან. EJ ხაზი განხილვიდან გამოირიცხება. ამის შემდეგ განისაზღვრება CG და LI ხაზებს შორის მაქსიმალური დატვირთვის მქონე, $\max \{ CG, LI \}$. მუშაობას იწყებს **ალგორითმი 1**. აქ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შემთხვევას, როცა ამ ერთ არაკრიტიკულ ხაზზე შესაძლებელია რამდენიმე არაკრიტიკული

ხაზიდან პაკეტების გადაცემა ან, არაკრიტიკული ხაზის გამტარუნარიანობიდან გამომდინარე, საერთოდ შეუძლებელია პაკეტების გადაცემა.



სურ. 4. ორი ქვესედი, სადაც m ხაზი კრიტიკულია, n ხაზი - არაკრიტიკული

ალგორითმი 4. ამ შემთხვევაში გვაქვს n არაკრიტიკული და m კრიტიკული ხაზი (სურ. 4). არაკრიტიკულია QR, MN და BF ხაზები, კრიტიკული კი – CG, LI და EJ. არაკრიტიკული ხაზებიდან გამოირიცხება QR, ხოლო კრიტიკულიდან – EJ, რადგან ამ ხაზებზე A წვეროდან შეუძლებელია პაკეტების გადაცემა. კრიტიკული ხაზებიდან აირჩევა მაქსიმალური დატვირთვის მქონე, $\max \{ CG, LI \}$. შემდეგ მუშაობას იწყებს **ალგორითმი 2**.

დასკვნა

ამრიგად, სტატიაში ექსპერტული ცოდნის საფუძველზე შემუშავებულია კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მეთოდოლოგია და შესაბამისი ალგორითმების სიმრავლე. ალგორითმები შემუშავებულია ოთხი შემთხვევისთვის,

როცა ქვეყნები ერთმანეთთან დაკავშირებულია: მაქსიმალური დატვირთვის მქონე კრიტიკული ერთი კრიტიკული და ერთი არაკრიტიკული ხაზით; ერთი კრიტიკული და n არაკრიტიკული ხაზით; ერთი არაკრიტიკული და m კრიტიკული ხაზით; m კრიტიკული და n არაკრიტიკული ხაზით. მინიმალური დატვირთვის მქონე არაკრიტიკული ხაზზე სრულდება პაკეტების გადაგზავნა კარგვის თავიდან აცილებას.

ლიტერატურა

1. Samkharadze R., Kobakhidze G. An approach solving the problem of fluctuating systems in computer networks. Internet and society. Inso-2011. V international scientific-practical conference. Kutaisi. 2011, 153-155 pp. (in Georgian).
2. Samkharadze R., Kobakhidze G., Gachechiladze L. Method for reducing system fluctuations in computer networks. In the world of scientific openings. Materials of the I international scientific and practical conference. 2011, 134-136 pp. (in Russian).
3. Tanenbaum E. Computer networks. St. Petersburg: "Piter". 2003, 992 p. (in Russian).
4. Samkharadze R., Gachechiladze L., Kobakhidze G. Modeling the process of reducing system fluctuations in a computer network. Georgian Technical University. Proceedings. №1(503). 2017, 63-68 pp. (in Georgian).
5. Aivazov V., Samkharadze R. Available end-to-end throughput measurement tools. Transaction N2(13), Georgian Technical University. 123-127 pp.
6. Aivazov V., Samkharadze R. Identification of flows in the application based routing. Transactions N3(485). Georgian Technical University. 62-66 pp.
7. Doyle J., Carroll J. Routing TCP/IP. Volume 1. Second edition. Cisco Press. 2006, 936 p.
8. Halabi S., McPherson D. Internet routing architectures. Second edition. Cisco Press. 2000, 528 p.
9. Tanenbaum A. S. Computer networks. 4th edition. Prentice Hall. 2007, 993 p.
10. Sportack M. A. TCP/IP first step. Cisco Press. 2005, 401 p.

UDC 004.72

SCOPUS CODE

Method for reducing system fluctuations in computer networks

Roman Samkharadze Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: samkharadze.roman@mail.ru

Sergo Miqeladze Faculty of Engineering, Agrarian and Natural Sciences, Samtskhe-Javakheti State University, 113 Rustaveli str, 0800 Akhaltsikhe, Georgia

E-mail: se.miqeladze@gmail.com

Lia Gachechiladze Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

Reviewers:

S. Khoshtaria, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: simonxoshtaria@mail.ru

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

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. Modern computer networks often experience system fluctuations due to frequent load changes on the lines connecting subnets. The article proposes a method for reducing system fluctuations in computer networks and a set of appropriate algorithms. According to the methodology, the quantitative assessment of each line connecting two subnets is carried out periodically. Based on expert knowledge, non-critical lines with high loads and critical lines with low loads are determined. A non-critical line that has a minimum load is selected and the packets are transmitted on it from the critical line that has a maximum load. The developed technique is successfully used to minimize system fluctuations between subnets of varying complexities. It becomes possible to identify critical lines at an early stage and timely send packets on non-critical lines. This, in turn, leads to the timely and effective unloading of critical lines and the prevention of packet loss.

Key words: Critical line value; line capacity; packet; system fluctuations.

UDC 004.72

SCOPUS CODE

Методика снижения колебаний системы в компьютерных сетях

- Роман Самхарадзе** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: samkharadze.roman@mail.ru
- Серго Микеладзе** Самцхе-Джавახетский государственный университет, факультет инженерии, аграрных и природоведческих наук, Грузия, 0800, Ахалцихе, Руставели 113
E-mail: se.miqeladze@gmail.com
- Лия Гачечиладзе** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

Рецензенты:

С. Хоштария, ассоц. профессор, кандидат технических наук, факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: simonxoshtaria@mail.ru

М. Кикнадзе, профессор, кандидат технических наук факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. Современные компьютерные сети часто испытывают вибрации системы из-за частой смены нагрузок на линиях, связывающих подсети. В статье предлагается методика снижения колебаний системы в компьютерных сетях и набора соответствующих алгоритмов. Согласно методика, количественная оценка каждой линии, соединяющей две подсети, осуществляется периодически. На основе экспертных знаний определяются не критические линии с высокой нагрузкой и критической линии с низкой нагрузкой. Выбирается не критическая линия с минимальной нагрузкой и на нее передаются пакеты с критической линии, имеющей максимальную нагрузку. Разработанная методика успешно используется для минимизации системных колебаний между подсетями различной сложности. Становится возможным выявление критических линий на ранней стадии и своевременная пересылка пакетов по не критическим линиям. Это, в свою очередь, приводит к своевременной и эффективной разгрузке перегруженных критических линий и предотвращению потери пакетов.

Ключевые слова: колебания системы; критическое значение линии; пакет; пропускная способность линии.

განხილვის თარიღი 16.10.2019

შემოსვლის თარიღი 23.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 004.72

SCOPUS CODE 1705

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-46-51>

კომპიუტერულ ქსელებში ხაზებზე დატვირთვების მოდელირება ერთი კრიტიკული ხაზის შემთხვევაში

- რომან სამხარაძე** კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: samkharadze.roman@mail.ru
- სერგო მიქელაძე** ინჟინერიის, აგრარულ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0800, ახალციხე, რუსთაველის 113
E-mail: se.miqeladze@gmail.com
- ლია გაჩეჩილაძე** კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

რეცენზენტები:

- ს. ხოშტარია**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: simonxoshtaria@mail.ru
- მ. კიკნაძე**, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. კომპიუტერულ ქსელებში ხაზებზე დატვირთვის რეგულირების მოდელირების სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტების ჩატარება, ხაზებზე დატვირთვის ცვლილების პროცესზე დაკვირვება და მათი ანალიზი. ექსპერიმენტული გზით განისაზღვრება ორ ქსელ შორის მაკავშირებელი ხაზების დატვირთვების კრიტიკული მაჩვენებლები. მოდელირების პროცესი გვიჩვენებს, თუ როგორ მიმდინარეობს

ერთი კრიტიკული ხაზიდან ერთ ან მეტ არაკრიტიკულ ხაზზე პაკეტების გადატანის პროცესი ისე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს მათ დაყოვნებას ან დაკარგვას. ასეთი მიდგომის დადებითი მხარეა ის, რომ ადრეულ ეტაპზე ხდება კრიტიკული ხაზების გამოვლენა და პაკეტების გადაგზავნა არაკრიტიკულ ხაზებზე. შედეგად ხდება კრიტიკული ხაზების დროული განტვირთვა რაც, თავის მხრივ, მკვეთრად ამადლებს ქსელის ფუნქციონირების ხარისხს.

საკვანძო სიტყვები: არაკრიტიკული ხაზი; გამტარუნარიანობა; კომპიუტერული ქსელი; კრიტიკული ხაზი; პაკეტი.

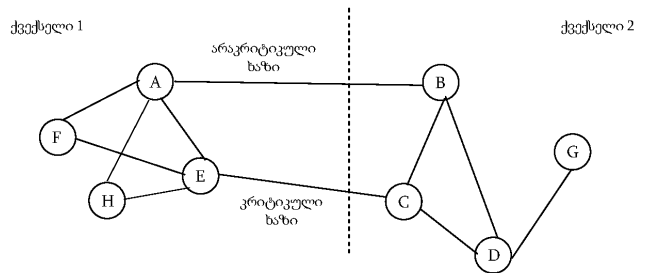
შესავალი

თანამედროვე კომპიუტერულ ქსელებში ადგილი აქვს სისტემის რხევებს ქვექსელების დამაკავშირებელ ხაზებზე, რაც გამოწვეულია დატვირთვების ხშირი ცვლილებით [3-7]. რამდენიმე არათანაბარი გამტარუნარიანობის მქონე ხაზიდან აირჩევა ხაზი მინიმალური დატვირთვით და მასზე გადაირთვება გადასაცემი პაკეტები. შედეგად არჩეული ხაზის დატვირთვობის მაჩვენებელი იზრდება, შესაბამისად იზრდება ქსელის მუშაობის ეფექტურობა. გარკვეული დროის შემდეგ ეს ხაზი ვერ შეძლებს პაკეტების გატარებას და ისინი სხვა ხაზზე გადაიგზავნება. მოცემული ხაზი პაკეტებს აღარ მიიღებს. დროის გარკვეული ინტერვალის შემდეგ ეს ხაზი განიტვირთება და ისევ დაიწყებს პაკეტების მიღებასა და გატარებას [1-2, 8-10]. ამ პროცესს გამუდმებით აქვს ადგილი. მისი ნაკლია ის, რომ ეს პროცესი მკვეთრად ზრდის სისტემის რხევებს. გამუდმებული რხევები, თავის მხრივ, ამცირებს ქსელის მუშაობის ეფექტურობას.

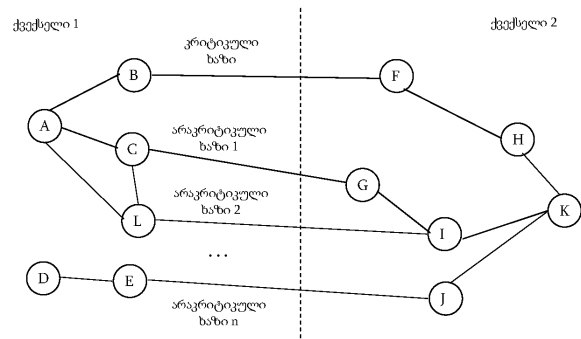
ძირითადი ნაწილი

სისტემის რხევების შემცირების მიზნით კომპიუტერულ ქსელებში შემუშავებულია ალგორითმთა სიმრავლე. ექსპერტული შეფასების საფუძველზე განისაზღვრება ხაზის გამტარუნარიანობის კრიტიკული მნიშვნელობა [1-2, 4].

ალგორითმი 1. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთი კრიტიკული და ერთი არაკრიტიკული ხაზი (სურ. 1). კრიტიკულია AB ხაზი, არაკრიტიკული – EC. არაკრიტიკული ხაზის დატვირთვობიდან გამომდინარე, შესაძლებელია პაკეტების გადაგზავნა არაკრიტიკული ხაზიდან კრიტიკულზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში, პაკეტები დაელოდება არაკრიტიკულ ხაზზე დატვირთვის შემცირებას.



სურ. 1. ორი ქვექსელი, სადაც ერთი ხაზი კრიტიკულია, მეორე – არაკრიტიკული



სურ. 2. ორი ქვექსელი, სადაც ერთი ხაზი კრიტიკულია, n ხაზი – არაკრიტიკული

ექსპერტული შეფასების საფუძველზე განისაზღვრება ხაზის გამტარუნარიანობის კრიტიკული მნიშვნელობა [3], $K_{კრიტ.}$ ის აიღება ხაზის მაქსიმალური 80–90% გამტარუნარიანობის ტოლი. ეს პროცენტული მნიშვნელობა განისაზღვრავს ექსპერიმენტული გზით. თუ ხაზის გამტარუნარიანობის მიმ-

დინარე მნიშვნელობა $K_{\text{მომდ.}}$ ნაკლებია კრიტიკულ მნიშვნელობაზე, $K_{\text{მომდ.}} < K_{\text{კრიტ.}}$, მაშინ ხაზი არაკრიტიკულია, წინააღმდეგ შემთხვევაში – კრიტიკული. არაკრიტიკული ხაზიდან პაკეტების გადანაწილება შესრულდება არაკრიტიკულ ხაზებზე.

დავუშვათ, პარამეტრების მნიშვნელობების გამოთვლისას AB ხაზის (სურ. 1) მიმდინარე გამტარუნარიანობა აღმოჩნდა 10 კბ/წმ-ის ტოლი, $K_{\text{ABმომდ.}} = 10$ კბ/წმ, ხოლო EC ხაზის მიმდინარე გამტარუნარიანობა – 28 კბ/წმ-ის ტოლი, $K_{\text{ECმომდ.}} = 28$ კბ/წმ.

ცნობილია ამ ხაზების გამტარუნარიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობები:

$$K_{\text{ABმაქს.}} = 20 \text{ კბ/წმ,}$$

$$K_{\text{ECმაქს.}} = 30 \text{ კბ/წმ.}$$

ექსპერტული შეფასებით ორივე ხაზისთვის მაქსიმალურად სასურველი გამტარუნარიანობის მნიშვნელობა სასურველია იყოს მაქსიმალური, 90% გამტარუნარიანობის ტოლი: $K_{\text{ABკრიტ.}} = K_{\text{ABმაქს.}} \cdot 90/100 = 20 \cdot 90/100 = 18$ კბ/წმ,

$$K_{\text{ACკრიტ.}} = K_{\text{ECმაქს.}} \cdot 90/100 = 30 \cdot 90/100 = 27 \text{ კბ/წმ.}$$

როგორც ვხედავთ, AB ხაზი არაკრიტიკულია, რადგან $K_{\text{ABმომდ.}} < K_{\text{ABკრიტ.}}$, EC ხაზი კი – კრიტიკული, $K_{\text{ECმომდ.}} \geq K_{\text{ECკრიტ.}}$.

რადგან EC ხაზის გამტარუნარიანობის მნიშვნელობა გაუტოლდა კრიტიკულ ზღვარს, ამიტომ ამ ხაზიდან პაკეტები უნდა გადავანაწილოთ AB ხაზზე ისე, რომ მივიღოთ შემდეგი მნიშვნელობები:

$$K_{\text{ECმომდ.}} = K_{\text{ECმომდ.}} - \min(K_{\text{ECმომდ.}}, K_{\text{ABკრიტ.}} - K_{\text{ABმომდ.}}) = 28 - \min(28, 18 - 10) = 28 - 8 = 20 \text{ კბ/წმ.}$$

$$K_{\text{ABმომდ.}} = K_{\text{ABმომდ.}} + \min(K_{\text{ECმომდ.}}, K_{\text{ABკრიტ.}} - K_{\text{ABმომდ.}}) = 10 + 8 = 18 \text{ კბ/წმ.}$$

მიიღება AB და EC ხაზების მიმდინარე გამტარუნარიანობის ახალი მნიშვნელობები. როგორც ვხედავთ, ორივე ხაზი არაკრიტიკული გახდა.

ალგორითმი 2. ამ შემთხვევაში გვაქვს ერთი კრიტიკული და n არაკრიტიკული ხაზი. კრიტიკულია BF ხაზი, არაკრიტიკული კი – CG, LI და EJ. ამ სამი ხაზიდან ამოირჩევა CG და LI, რადგან ორ ხაზზე შეიძლება პაკეტების გადაცემა A წვეროდან. EJ ხაზი განხილვიდან გამოირიცხება. შემდეგ განისაზღვრება CG და LI ხაზებს შორის მინიმალური დატვირთვის მქონე, $\min \{ CG, LI \}$. მუშაობას იწყებს **ალგორითმი 1.**

ალგორითმი 2 ითვალისწინებს შემთხვევას (სურ. 2), როცა პაკეტები ერთი კრიტიკული ხაზიდან შეიძლება ერთ ან მეტ არაკრიტიკულ ხაზზე გადანაწილდეს. ეს შეიძლება მოხდეს მაშინ, როცა მინიმალური დატვირთვის მქონე ხაზი ვერ იღებს ყველა გადანაწილებელ პაკეტს კრიტიკული ხაზიდან.

დასკვნა

სტატიაში შემუშავებულია კომპიუტერულ ქსელებში სისტემის რხევების შემცირების მეთოდოლოგია და შესაბამისი ალგორითმების სიმრავლე. ალგორითმები შემუშავებულია იმ შემთხვევისთვის, როცა ქვექსელები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ერთი კრიტიკული და ერთი ან მეტი არაკრიტიკული ხაზით. თავდაპირველად განისაზღვრება მინიმალური დატვირთვის მქონე არაკრიტიკული ხაზი. შემდეგ მასზე შესრულდება პაკეტების გადაგზავნა კრიტიკული ხაზიდან. ასეთი მიდგომით ხდება გადატვირთული კრიტიკული ხაზის დროული განტვირთვა და პაკეტების დაკარგვის თავიდან აცილება.

ლიტერატურა

1. Samkharadze R., Kobakhidze G. An approach solving the problem of fluctuating systems in computer networks. Internet and society. Inso-2011. V international scientific-practical conference. Kutaisi. 2011, 153-155 pp. (in Georgian).
2. Samkharadze R., Kobakhidze G., Gachechiladze L. Method for reducing system fluctuations in computer networks. In the world of scientific openings. Materials of the I international scientific and practical conference. 2011, 134-136 pp. (in Russian).
3. Tanenbaum E. Computer networks. St. Petersburg: "Piter". 2003. 992 p. (in Russian).
4. Samkharadze R., Gachechiladze L., Kobakhidze G. Modeling the process of reducing system fluctuations in a computer network. Georgian Technical University. Proceedings. №1(503). 2017, 63-68 pp. (in Georgian).
5. Aivazov V., Samkharadze R. Available end-to-end throughput measurement tools. Transaction N2(13), Georgian Technical University. 123-127 pp.
6. Aivazov V., Samkharadze R. Identification of flows in the application based routing. Transactions N3(485). Georgian Technical University. 62-66 pp.
7. Doyle J., Carroll J. Routing TCP/IP. Volume 1. Second edition. Cisco Press. 2006, 936 p.
8. Halabi S., McPherson D. Internet routing architectures. Second edition. Cisco Press. 2000, 528 p.
9. Tanenbaum A. S. Computer networks. 4th edition. Prentice Hall. 2007, 993 p.
10. Sportack M. A. TCP/IP first step. Cisco Press. 2005, 401 p.

UDC 004.72

SCOPUS CODE 1705

Load simulation on lines in computer networks in case of one critical line

Roman Samkharadze Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: samkharadze.roman@mail.ru

Sergo Miqeladze Faculty of Engineering, Agrarian and Natural Sciences, Samtskhe-Javakheti State University, 113 Rustaveli str, 0800 Akhaltsikhe, Georgia

E-mail: se.miqeladze@gmail.com

Lia Gachechiladze Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

Reviewers:

S. Khoshtaria, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: simonxoshtaria@mail.ru

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

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. The article proposes a system for the load simulation regulation on computer networks. Using it, it is possible to perform numerous experiments, observe the processes of change of loads on the lines and analyze them. Experimental methods have been used to determine the critical load indices of the networks. With this context, the modeling process illustrates the process of moving packets from one critical line to one or more uncritical lines so that packets are not delayed or lost. The advantage of such an approach is that critical lines are identified and packets are sent to non-critical lines at an early stage. This results in an early unload of critical lines, which in turn improves the quality of network operation.

Key words: Bandwidth; critical line; computer network; non-critical line; packet.

UDC 004.72

SCOPUS CODE 1705

Моделирование нагрузок на линии в компьютерных сетях в случае одной критической линии

- Роман Самхарадзе** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: samkharadze.roman@mail.ru
- Серго Микеладзе** Самцхе-Джавახетский государственный университет, факультет инженерии, аграрных и природоведческих наук, Грузия, 0800, Ахалцихе, Руставели 113
E-mail: se.miqeladze@gmail.com
- Лия Гачечиладзе** Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: lia.gachechiladze@mail.ru

Рецензенты:

С. Хоштария, ассоц. профессор, кандидат технических наук факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: simonxoshtaria@mail.ru

М. Кикнадзе, профессор, кандидат технических наук факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. В статье предлагается система моделирования регулирования нагрузки в компьютерных сетях. Используя ее, можно проводить многочисленные эксперименты, наблюдать за процессами изменения нагрузок на линиях и анализировать их. Экспериментальным путем были определены показатели критической нагрузки двух сетей. Учитывая это, моделирование иллюстрирует процесс перемещения пакетов из одной критической линии на одну или несколько некритических линий, чтобы пакеты не задерживались и не терялись. Преимущество такого подхода состоит в том, что критические линии идентифицируются и пакеты отправляются некритическим линиям на ранней стадии. В результате происходит своевременная разгрузка критических линий, что, в свою очередь, значительно улучшает качество работы сети.

Ключевые слова: компьютерная сеть; критическая линия; некритическая линия; пакет; пропускная способность.

განხილვის თარიღი 16.10.2019

შემოსვლის თარიღი 23.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 621.396.946

SCOPUS CODE 1711

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-52-58>

ორგანზომილებიანი სიგნალები ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაციით

ნოდარ უღრელიძე რადიოტექნიკისა და მაუწყებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: toban555@gmail.com

ნონა დარასელია რადიოტექნიკისა და მაუწყებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: nonadari@yandex.com

რეცენზენტები:

ფ. ბოგდანოვი, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: faik.bogdanov@emcos.coml

ნ. აბზიანიძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: n.abzianidze@gtu.ge

ანოტაცია. ორამპლიტუდიანი სიგნალები ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაციით და მათი აგების რეგულარული პროცედურები, როცა სისტემა შეიცავს ლუწი და კენტი რაოდენობის სიგნალებს, გამოირჩევა სიმარტივით და, ფაზამოდულირებულ სიგნალებთან შედარებით, უკეთესი მაჩვენებლები აქვს. მოყვანილია ანალიზური გამოსახულებები ასეთი სიგნალების პარამეტრებისა და მახასიათებლების გამოსათვლელად. ამ პროცედურების გამოყენებით აგებულია კონკრეტულ სიგნალთა სისტემები 4 – 16 ზომის ალფაბეტისათვის და ცხრილის სახით წარმოდგენილია მათი პარამეტრები. გაუსის არხისათვის, კომპიუტერული მოდელირების გზით, აგებულია სიგნალთა შეცდომით მიღების ხარისხის გრაფიკული მახასიათებლები.

საკვანძო სიტყვები: ამპლიტუდა; მოდულაცია; სიგნალი; ფაზა.

შესავალი

ბოლო პერიოდში, მრავალანტენიან სისტემათა მასიური დანერგვის პირობებში, მნიშვნელოვნად გაიზარდა ინტერესი ეფექტურ მოდულირებულ სიგნალთა მიმართ, რაც აისახა კიდევ სხვადასხვა სამეცნიერო ფორუმსა და გამოცემაში [1-6]. ამ მიმართულებით განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა სიგნალებს მარტივი რეალიზაციითა და მარტივი მიმღები მოწყობილობით [7]. ორგანზომილებიანი (2 Dimensional - 2D) სიგნალები ამპლიტუდურ-ფაზური მოდულაციით (Amplitude Phase Shift Keying - APSK) სწორედ ამ მაჩვენებლებითაა

გამორჩეული [8]. 2D სიგნალთა მრავალი APSK კონსტელაცია მოყვანილია ლიტერატურაში [8–9], სადაც წარმოდგენილია მათი პარამეტრები და მახასიათებლები, ასევე ფორმირებისა და დემოდულაციის სქემები. ესენია MAPSK სიგნალთა კონსტელაციები, ზომით $M \geq 4$. შემოთავაზებულია ასეთი ტიპის სიგნალების აგების ახალი რეგულარული მეთოდები და, შედეგად, აგებული სიგნალების პარამეტრები და მახასიათებლები.

ძირითადი ნაწილი

ქვემოთ განხილულია კონკრეტული კონფიგურაციის MAPSK კონსტელაციები სიგნალთა ენერჯის მხოლოდ ორი მნიშვნელობით, კერძოდ, როცა კონსტელაციაში გრძელ სასიგნალო ვექტორს შესაბამება სიგნალი E_ℓ ენერჯით, ხოლო მოკლე ვექტორს – E_{sh} . თუ კონსტელაციაში სიგნალის საშუალო ენერჯიას ავიღებთ ერთის ტოლს ($E_a = 1$) და ჩავთვლით, რომ ლუწი M -ის შემთხვევაში E_ℓ და E_{sh} ენერჯიების მქონე სიგნალების რაოდენობა ერთნაირია ($M/2$ და $M/2$), ხოლო კენტი M -ის შემთხვევაში E_ℓ ენერჯის მქონე სიგნალების რაოდენობაა $(M + 1)/2$ და E_{sh} ენერჯის მქონე სიგნალების რაოდენობა – $(M + 1)/2 - 1$, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{cases} E_\ell + E_{sh} = 2, M \text{ ლუწია;} \\ \frac{M+1}{M} \cdot E_\ell + \frac{M-1}{M} \cdot E_{sh} = 2, M \text{ კენტია.} \end{cases} \quad (1)$$

ვთვლით, რომ კონსტელაციის პირველი სიგნალი (\mathbf{s}_1) ყოველთვის გრძელი ვექტორია ნულოვანი საწყისი ფაზით ($\varphi_1 = 0$), ხოლო თვით კონსტელაციის კონფიგურაცია ისეთია, რომ თითოეული მოკლე სასიგნალო ვექტორი მოქცეულია გრძელ ვექტორებს შორის, თან ყოველ გრძელ და მოკლე

ვექტორებს შორის კუთხე ყოველთვის არის ϕ , რომელიც ტოლია:

$$\phi = \begin{cases} 2\pi/M, M \text{ ლუწია;} \\ \varphi_M / (M - 1), M \text{ კენტია.} \end{cases} \quad (2)$$

განვსაზღვროთ ევკლიდური მანძილის კვადრატის მინიმალური მნიშვნელობები:

– უახლოესი გრძელი და მოკლე ვექტორების შესაბამის სიგნალებს შორის

$$d_{\ell,sh}^2 = E_\ell + E_{sh} - 2\sqrt{E_\ell \cdot E_{sh}} \cdot \cos \phi; \quad (3)$$

– უახლოესი მოკლე ვექტორების შესაბამის სიგნალებს შორის

$$d_{sh}^2 = 2E_{sh} (1 - \cos 2\phi); \quad (4)$$

– თუ M კენტია, უახლოესი გრძელი ვექტორების შესაბამის სიგნალებს შორის

$$d_\ell^2 = 2E_\ell (1 - \cos \varphi_M) = 2E_\ell (1 - \cos [(M - 1)\phi]). \quad (5)$$

თუ სიგნალთა თანაფარდობა E_ℓ და E_{sh} ენერჯიებს შორის არის

$$k = E_\ell / E_{sh} > 1, \quad (6)$$

მაშინ (1)-დან გვექნება:

$$\begin{cases} E_{sh} = 2 / (1 + k), M \text{ ლუწია;} \\ E_{sh} = 2 / \left(\frac{M+1}{M} \cdot k + \frac{M-1}{M} \right), M \text{ კენტია.} \end{cases} \quad (7)$$

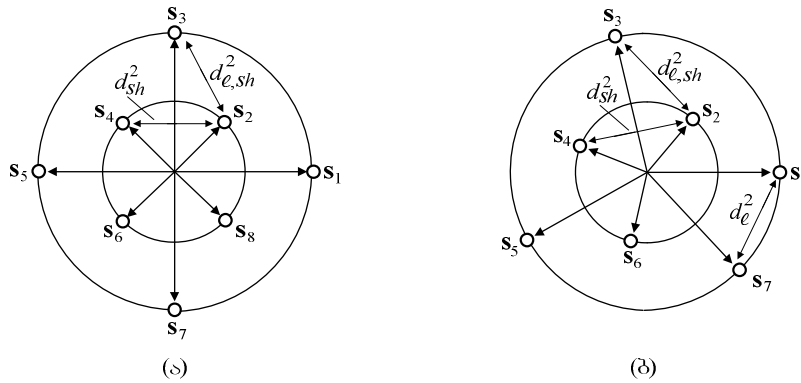
კონსტელაციათა მაგალითები, როცა $M=8$ და $M=7$, მოყვანილია 1-ელ აბ სურათებზე.

ჩამოვაცალიბოთ კონსტელაციათა აგების პროცედურები:

– **M ლუწია.** დავუშვათ, რომ $d_{\ell,sh}^2 = d_{sh}^2$; მაშინ, თუ ვისარგებლებთ (3), (4), (6) და (7) გამოსახულებებით, k -ს მნიშვნელობა გამოითვლება განტოლებიდან:

$$k - 2\sqrt{k} \cdot \cos \phi - (1 - 2\cos 2\phi) = 0, \quad (8)$$

ხოლო შემდგომ, (6) და (7) გამოსახულებების გამოყენებით, განისაზღვრება სიგნალთა ენერჯიები.



სურ. 1. რვაობითი (ა) და შვიდობითი (ბ) APSK კონსტელაციები

კონსტელაციის მინიმალური ევკლიდური მანძილის კვადრატის მნიშვნელობა

$$d_{\min}^2 = 2E_{sh} (1 - \cos 2\phi); \quad (9)$$

– **M კენტი**. დავუშვათ, რომ $d_{\ell}^2 = d_{\ell,sh}^2 = d_{sh}^2$, მაშინ, თუ ვისარგებლებთ (3)–(6) გამოსახულებებით, კენტი M -ის შესაბამისი ϕ -ის მნიშვნელობები გამოითვლება განტოლებიდან:

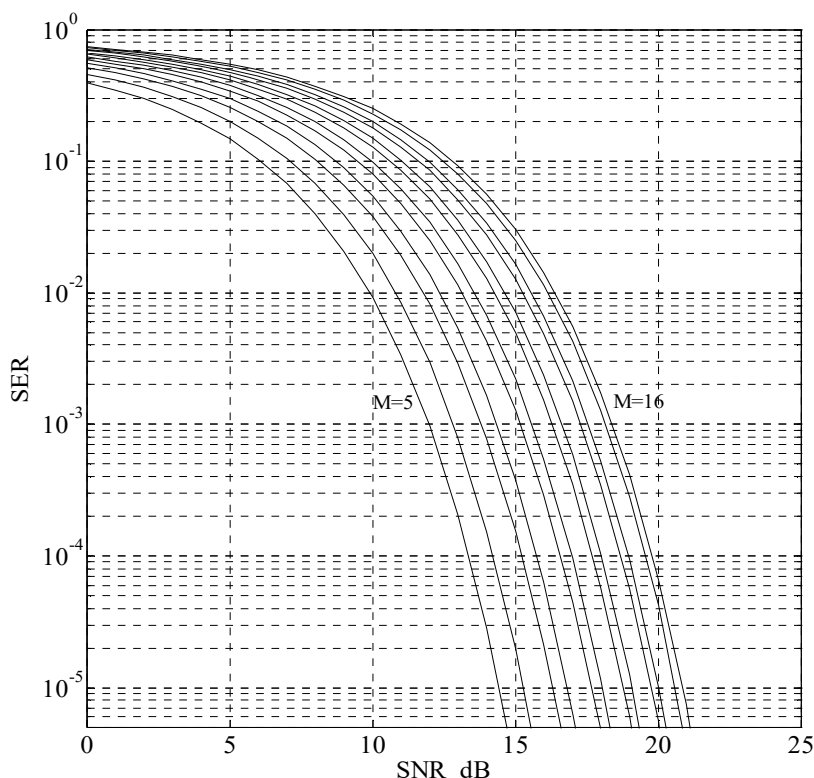
$$\begin{aligned} & (1 - \cos 2\phi) / (1 - \cos [(M-1)\phi]) - \\ & - 2\cos \phi \cdot \sqrt{(1 - \cos 2\phi) / (1 - \cos [(M-1)\phi])} - \\ & - (1 - 2\cos 2\phi) = 0. \quad (10) \end{aligned}$$

კონსტელაციის კონფიგურაციის გათვალისწინებით, მოცემული განტოლების ნამდვილი ამონახსნებიდან ვირჩევთ $2\pi / (M + 1) < \phi < 2\pi / (M - 1)$ მნიშვნელობას, შემდგომ (6)–(9) გამოსახულებების შესაბამისად გამოვთვლით კონსტელაციის სხვა პარამეტრებსაც.

აღწერილი პროცედურების შესაბამისად აგებულ კონსტელაციათა პარამეტრები მოყვანილია ცხრილში და, მათგან გამომდინარე, $M > 4$ შემთხვევაში უპირატესობა ენიჭება APSK სიგნალებს, ფაზამოდულირებულ (Phase Shift Keying - PSK) სიგნალებთან შედარებით.

APSK კონსტელაციათა პარამეტრები

M	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
E_{ℓ}	1.5	1.4141	1.6	1.4693	1.5774	1.4676	1.5390	1.4494	1.5	1.4262	1.4639	1.4022	1.4314
E_{sh}	0.5	0.3789	0.4	0.3743	0.4227	0.4155	0.4610	0.4608	0.5	0.5028	0.5361	0.5404	0.5686
ϕ°	90	75	60	52.17	45	40	36	32.47	30	27.36	25.71	23.65	22.5
d_{\min}^2 APSK	2.0000	1.4141	1.2000	0.9339	0.8453	0.6867	0.6371	0.5312	0.5000	0.4248	0.4037	0.3478	0.3331
d_{\min}^2 PSK	2.0000	1.3820	1.0000	0.7530	0.5858	0.4679	0.3820	0.3175	0.2679	0.2291	0.1981	0.1729	0.1522



სურ. 2. 2D M -ობითი ($M = \overline{5,16}$) APSK სიგნალების SER მახასიათებლები

მე-2 სურ-ზე მოყვანილია MAPSK სიგნალების შეცდომით მიღების ხარისხის (Symbol Error Rate - SER) მახასიათებლები გაუსის არხისათვის. ისინი მიიღება მოდელირების შედეგად, რომლის დროსაც სიგნალ-ხელშემლის თანაფარდობის (Signal to Noise Ratio - SNR) ყოველი მნიშვნელობისათვის გადაიცემა 50 000 000 M -ობითი საინფორმაციო სიმბოლო.

დასასრულ, რომელიმე კონსტელაციის შემობრუნება ნებისმიერი მიმართულებით და ნებისმიერი კუთხით მოგვცემს დისტანციურად ეკვივალენტურ კონსტელაციას.

დასკვნა

მარტივი ამპლიტუდურ-ფაზამოდულირებული სიგნალების აგების ახალი რეგულარული (არაგადარჩევითი) მეთოდი იძლევა ორამპლიტუდიანი კონსტელაციების პარამეტრების განსაზღვრის საშუალებას. შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენებით აიგო 4–16 ზომის კონსტელაციები, მოდელირების საშუალებით კი მიიღეს მათი მდგრადობის ხელშემშლელი მახასიათებლები. წარმოდგენილი შედეგები გვიჩვენებს აგებული სიგნალების უპირატესობას PSK სიგნალებთან შედარებით.

მოდელირება და გამოთვლები ჩატარდა Matlab და Maple სისტემებში.

ლიტერატურა

1. Luna-Rivera J. M., Campos-Delgado D. U., Gonzalez-Perez M. G. Constellation design for spatial modulation. The 2013 Iberoamerican conference on electronics engineering and computer science. Procedia technology 7. 2013, 71-78 pp.
2. Renzo M. Di., Haas H., Ghrayeb A., Sugiura E., Hanzo L. Spatial modulation for generalized MIMO: Challenges, opportunities, and implementation. Proceedings of the IEEE. 102, (1). 2014, 56-103 pp.
3. Mesleh R., Ikki S. S., Aggoune H. M. Quadrature spatial modulation. IEEE Trans. Veh. Techn. 64, (6). 2015, 2738-2742 pp.
4. Cheng C.C., Sari H., Sezginer S., Su Y. T. New signal designs for enhanced spatial modulation. IEEE Trans. Wireless Commun. 15, (11). 2016, 7766-7777 pp.
5. Freudenberger J., Shavgulidze S. Signal constellations based on Eisenstein integers for generalized spatial modulation. IEEE Commun. Lett. 21, (3). 2017, 556-559 pp.
6. Ugrelidze N., Shavgulidze S., Sordia M. New generalized multistream spatial modulation for wireless communications. Proceedings of the 11th wireless days conference. 2019 Wireless Days (WD). Manchester. 2019, 1-7 pp.
7. Freudenberger J., Rohweder D., Shavgulidze S. Generalized multistream spatial modulation with signal constellations based on Hurwitz integers and low-complexity detection. IEEE Wireless Commun. Lett., 7, (3). 2018, 412-415 pp.
8. Sklar B. Digital communications. 2th ed. by Prentice Hall PTR. 2001.
9. Proakis J. G., Salehi M. Digital communications. 5th ed. by McGraw, Inc. 2008.

UDC 621.396.946
SCOPUS CODE 1711

Two-dimensional amplitude-phase shift keying signals

Nodar Ugrelidze Department of Radio-Engineering and Broadcasting, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: toban555@gmail.com

Nona Daraselia Department of Radio-Engineering and Broadcasting, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: nonadari@yandex.com

Reviewers:

F. Bogdanov, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: faik.bogdanov@emcos.coml

N. Abzianidze, Associate Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: n.abzianidze@gtu.ge

Abstract. The article discusses signals with two different amplitudes, obtained by amplitude-phase shift keying. Regular procedures for their construction are presented for the case when the system contains even and odd number signals. Analytical expressions are given to calculate the parameters and characteristics of such signals. Using the above described procedures, 4-16 alphabet sizes specific signal systems are constructed and their parameters are presented in a table. For the Gaussian channel, the graphical features of the symbol error rate are constructed using computer simulation method. These signals with amplitude-phase shift keying are characterized by simplicity and have better technical features than phase shift keying signals.

Key words: Amplitude; modulation; phase; signal.

UDC 621.396.946
SCOPUS CODE 1711

Двумерные сигналы с амплитудно-фазовой манипуляцией

Нодар Угрелидзе Департамент радиотехники и вещания, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: toban555@gmail.com

Нона Дараселия Департамент радиотехники и вещания, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: nonadari@yandex.com

Рецензенты:

Ф. Богданов, профессор, факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: faik.bogdanov@emcos.coml

Н. Абзианидзе, ассоциированный профессор, факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: n.abzianidze@gtu.ge

Аннотация. В статье рассмотрены амплитудно- фазовые манипулированные сигналы с двумя разными амплитудами. Описаны регулярные процедуры построения сигнальных векторов чётного и нечётного количества. Приведены аналитические выражения для расчёта параметров и характеристик таких сигналов. Согласно описанным процедурам, построены конкретные сигналы с размером алфавита 4-16. Их параметры сведены в таблицу. Методом компьютерного моделирования определены частоты символьных ошибок и представлены соответствующие кривые для Гауссовского канала. Достоинствами построенных сигналов являются их простота и лучшие по сравнению с фаза- манипулированными сигналами характеристики.

Ключевые слова: амплитуда; модуляция; сигнал; фаза.

კანხილვის თარიღი 01.10.2019

შემოსვლის თარიღი 02.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-59-79>

ინტერდისციპლინური მიდგომის დახმარებით ზოგიერთი რთული ლინგვისტიკური ამოცანის გადაწყვეტა

გელა ღვინეფაძე მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. სურგულაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: gsurg@gmx.net

კ. ვხაკაძე, ქართული ენის ტექნოლოგიების საკვლევ-სამეცნიერო ცენტრის დირექტორი, ფიზ.-მათ.

მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: gllc.ge@gmail.com

ანოტაცია. ნებისმიერი ენის წარმოშობა - განვი-
თარების პრობლემის გადასაწყვეტად, ასევე ტერმი-
ნებისა და საინტერესო სიტყვების წარმოშობის შესა-
ხებ მსჯელობა არასოდეს კარგავს აქტუალურობას.
ამავე ჟურნალის წინა ნომრებში ვმსჯელობდით
ქართული თუ არაქართული, ჩვენი (და არა მარტო
ჩვენი) აზრით, საინტერესო ტერმინებისათვის ახა-
ლი ეტიმოლოგიური ვერსიების შესახებ ავტორის
შემუშავებული პარადიგმის ჭრილში [1, 2]. ამჯე-
რად, იმავე პარადიგმაზე დაყრდნობით, მკითხველს
ვაცნობთ ზოგი სხვა, ასევე საინტერესო სიტყვების
(ძირითადად ჰიდრონიმების, ტოპონიმების) წარმო-
შობის შესახებ გამოთქმულ მოსაზრებებს. ეს ტერ-
მინებია: საქართველო, ენგური, ანკარა, Москва,

Киев, Anglia, Angel. ჩამოთვლილი სიტყვებისათვის
ეტიმოლოგიური ვერსიების შემუშავებისას ამ შემ-
თხვევებშიც მოვიხმობდით ფაქტებს ადამიანის საქ-
მიანობის სხვადასხვა სფეროდან, ხოლო მათ შესა-
ჯერებლად და საბოლოო გადაწყვეტილების მისა-
ღებად ვიყენებდით ინტერდისციპლინურ მიდგო-
მებსა და ობიექტის, სუბიექტის, იდეის შესწავლა-
განსჯისათვის სპეციალურად შემუშავებულ მეთო-
დებს: გონებრივი იერიშის, დელფოსის, დოქტორ
დე ბონოს 6 ქუდისა და სხვა.

საკვანძო სიტყვები: ანკარა, ენგური, ეტიმო-
ლოგიათა კვლევა, ინტერდისციპლინური მიდგომა,
ლინგვისტიკა, საქართველო, Angel, Anglia, Киев,
Москва.

შესავალი

უხსოვარი დროიდან მოყოლებული, ადამიანი მუდამ ცდილობდა თავისთვის ფიზიკური შრომა შეემსუბუქებინა და ხელი მოჰკიდა ჯერ უმარტივესი, შემდეგ კი გაცილებით რთული იარაღების დამზადებას. გავიდა ხანი და ადამიანმა მიაგნო ცეცხლის გაჩენის ხერხს, გამოიგონა ბორბალი და ა.შ. მომდევნო ეპოქებში კი საქმის გამარტივების მცდელობა უკვე გონებრივ სამუშაოებზეც გავრცელდა, რისი ერთ-ერთი შთამბეჭდავი მაგალითია მის მიერ ათობითი სისტემის მომარჯვება თვლისა და არითმეტიკული ოპერაციების ჩასატარებლად. საინტერესოა, რომ ისტორიულად არცთუ დიდი ხნის წინ, ევროპაში ასეთი ოპერაციების ჩატარებაში გაწაფული ინტელექტუალები რომაული ციფრებით ოპერირებდნენ, რაც სრულებით არ იყო ადვილი საქმე და, ამის გამო, გარშემომყოფთა დიდ პატივისცემას იმსახურებდნენ.

სულ რაღაც საუკუნე-ნახევრის წინ კაცობრიობის უმეტეს ნაწილს არ შეეძლო მარტივი, რუტინული ამოცანების ამოსახსნელად პირველი ხარისხის განტოლების შედგენა, რომ არაფერი ვთქვათ იმაზე, რომ თვით დიდ მეცნიერებსაც კი ბუნდოვანი წარმოდგენა ჰქონდათ ნივთიერებათა შედგენილობის შესახებ, ხოლო ცოტათი ადრე ისეთი ცნობილი მეცნიერი, როგორც გახლდათ საფრანგეთის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტი ლავუაზიე, კატეგორიულად უარყოფდა მის წინაშე წარდგენილი მეტეორიტის „უფლებას“ ციურ სხეულად არსებობაზე შემდეგ ფრიად „ლოგიკურ“ არგუმენტზე დაყრდნობით:

„ცაში ქვები არ დაფრინავენ!“

მაგრამ, გადის დრო და...

ამ 40-იოდე წლის წინ ენათმეცნიერთა შორის დიდი ინტერესი გამოიწვია დამკვიდრებულმა მოსაზრებამ – კაცობრიობის მიერ ისტორიულად უხსოვარ დროში შექმნილი, ენათა საწყისი მარაგის შემადგენელი ერთეულების ეტიმოლოგიის დადგენა უიმედო საქმეაო! მაგალითად, ცნობილი ქართველი ლინგვისტები მიიჩნევდნენ, რომ დღეს შეუძლებელია დადგინდეს, ვთქვათ, **მთას** რატომ დაერქვა ეს სახელი და არა, დავუშვათ, **ამთ** ან კიდევ რა ფაქტორებმა განაპირობა ტერმინების: **თევზის**, **თავის** და ა.შ. სწორედ ამგვარად სახელდება და არა ბგერათა სხვა კომბინაციების მეშვეობით...

ჩვენი ვარაუდით, საკითხისადმი ასეთი პესიმისტური მიდგომა განაპირობა პარადოქსულმა გარემოებამ, კერძოდ ამ სფეროში გარღვევებს ხელი შეუშალა დარგის სპეციალისტების მიერ დაგროვილმა უზარმაზარმა ცოდნამ!

მართლაც, ბევრი ლინგვისტი რამდენიმე ათეულ ენასაც კი ფლობს და ლოგიკურია, რომ კვლევათა საწყის ეტაპზე ისინი ოპერირებდნენ სწორედ ამ სიმდიდრით, მომდევნოზე კი ეყრდნობოდნენ კარგად ათვისებულ და, როგორც წესი, დიდი სარგებლობის მომტან ე. წ. ისტორიულ-შედარებით მეთოდს...

მაგრამ, საქმე ისაა, რომ ზემოთ აღნიშნული გზებით ენების ფორმირების პროცესისთვის თვალის მიდევნება შესაძლებელია მაქსიმუმ რამდენიმე ათასწლეულის მომცველი პერიოდის ჩათვლით, უფრო ადრეული ხანის წერილობითი წყაროები აღარ არსებობს და ენების საწყისი მარაგისკენ მიმავალი ბილიკი უჩინარდება ენათა სამყაროს უსიერ ტყეში (გნებავთ, აფრიკულ ჯუნგლებში).

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ:

ენათა სამყაროს უძველეს სიტყვათა მარაგის დასადგენად, ენათმეცნიერთა მიერ ნებისით თუ უნებლიეთ შერჩეულმა საწყისმა პოზიციამ და არაისტორიული პერიოდისთვის ჩატარებულ/ჩასატარებელი კვლევების დიდმა სირთულემ წარმოშვა სწორედ ის მოსაზრება, რომ, ფაქტობრივად, შეუძლებელია კაცობრიობის პირვანდელი ენის ლექსიკის რეკონსტრუქცია. თუმცა სამართლიანობისათვის უნდა აღინიშნოს, რომ მეცნიერთა და ენთუზიასტთა მხრიდან იყო და არის ამის მცდელობები, ამასთან ისეთი კი, რომ ძიება დაწყებულიყო დიამეტრულად საპირისპირო პოზიციიდან ანუ ეძებნათ არა მხოლოდ ჯერ კიდევ ნოსტრატული ენების ჩამოყალიბებამდე არსებული კაცობრიობის საერთო ენის ლექსიკური მარაგი, არამედ სულაც „ყოველივე ენის სათავე“ – **პირველი სიტყვა**, რომლის სახელდებაც ჩათვალა საჭიროდ იმ **ჰომომ**, რომელმაც მიზნად დაისახა, ქცეულიყო „**ჰომომეტყველუსად**“!

ამ საკითხთან მიმართებით, უპრიანად ვთვლით, რამდენიმე პწკარი მოვიყვანოთ გოეთეს „ფაუსტიდან“:

აქ სწერია, რომ პირველთაგან სიტყვა იყო.

უკვე შევჩერდი! სხვა რამ ცნება უნდა ვიპოვო!

სიტყვას მე ასეთ მნიშვნელობას ვერ მივანიჭებ,

თუმც მის სანაცვლოდ ჯერ არ ვიცი, სხვას რას ავირჩევ.

როგორმე უნდა გადავლახო ეს დაბრკოლება!..

იქნებ დავწერო: პირველთაგან იყო გონება.

მაგრამ თუ კარგად ჩაუკვირდი ამ პირველ სტრიქონს,

თავის ადგილზე არც გონება არ უნდა იყოს.

ქვეყნად ყველაფერს იგი ქმნის და განაგებს განა?

სჯობს დაიწეროს, პირველთაგან რომ იყო ძალა.

მაგრამ, რაც უფრო ვუფიქრდები, მით უფრო ნათლად

ვგრძნობ, რომ არც ძალა არ შეჰფერის დედანში ნათქვამს.

სული მშველის! და ჰა, საჭირო ცნებასაც ვაგნებ

და ვწერ თამამად, პირველთაგან რომ იყო საქმე.

გოეთეს გმირის ძიება უშედეგოდ მთავრდება. მის უნაყოფო მცდელობებს ბოროტი ძალა დასცინის და ამ სიტყვებით მოძღვრავს ფაუსტს:

ის, რაც ცოდნაში უმთავრესია,

როგორც წესია, ყველას თვალთაგან საგანგებოდ დაფარულია.

შემდეგ კი იგი თავის წიაღში

გადაიშლება იმის წინაშე,

ვისაც ეს ალბათ ფიქრდაც კი არ გაუვლია.

გავიხსენოთ კიდევ ერთი, სავარაუდოდ, მითური და ასევე კრახით დამთავრებული ისტორიაც იმ ე. წ. არაადამიანური ექსპერიმენტის შესახებ, რომელმაც, გარდა ასეთი შეფასებისა, სხვა მხრივაც მოახდინა საკუთარი თავის დისკრედიტირება.

აი, ეს ისტორიაც:

რომელიდაც აღმოსავლელი დესპოტის სასტიკი ბრძანებით, დაბადებიდან რამდენიმე წლის განმავლობაში უსიტყვო გარემოში გაზრდილი ბავშვის მიერ წარმოთქმული პირველი სიტყვა აღმოჩნდა *ბეკუსი* – ფრიგიულ ენაზე პურის აღმნიშვნელი ტერმინი.

ბუნებრივია, რომ ამ „აღმოჩენის“ ფრიად არალოგიკურმა შედეგმაც – ენათა სამყაროს ლაბირინთში გზის გასაკვლევად ტერმინთა ფრიად დაბურდული გორგლის სათავის მოძიებისას სიტყვა პურზე გასვლამ – გარკვეული როლი შეასრულა ზემოთ ხსე-

ნებული პესიმისტური მოსაზრების დამკვიდრებაში (და აქ ნაკლებად მნიშვნელოვანია, ჰქონდა თუ არა ამ ექსპერიმენტს რეალობაში ადგილი).

მსგავსი, მაგრამ გაცილებით სერიოზული კვლევების რიგში უნდა დავასახელოთ დიდი ქართველი მეცნიერის – **ნიკო მარის ე. წ. ოთხელემენტოვანი მოძღვრება**, რომელმაც რაღაც ობიექტური თუ სუბიექტური მიზეზების გამო აღიარება ვერ პოვა... თუმცა ვთვლით, რომ არა თუ სხვა მეცნიერთა, არამედ თვით მარის მიერვე სათანადოდ ვერ იქნა აღქმული და შეფასებული ამ მოძღვრების უმთავრესი მიღწევა – მკვლევარი თავის მტკიცებებს, როგორც წესი, ხომ ისეთი სიტყვების მწკრივითა მაგალითებზე აგებდა, რომლებიც **ერთმანეთთან წყლის ცნების მეშვეობით უკავშირდებოდნენ სემანტიკურად!**

ნათქვამია, „ახალი კარგად დავიწყებული ძველიაო“ (მოცემულ შემთხვევაში უმჯობესია ვთქვათ – არცთუ კარგად დავიწყებული) და ამ სტატიის ავტორი, ლინგვისტიკის სფეროში დილეტანტი, რომელსაც მანამდე არაფერი სმენოდა „ბეკუსის“ შესახებ, რამდენიმე ათეული წლის წინ ხელახლა დაადგა ზემოთ აღნიშნულ გზას, ოღონდ **არა პირველი ს ი ტ ყ - ვ ი ს, არამედ იმ პირველი ც ნ ე ბ ი ს მოსაძებნად**, რომლის სახელდებაც, უწინარეს ყოვლისა, უნდა დასჭირებოდა ამ „მეტყველუსობაზე“ პრეტენზიის მქონე ჩვენს შორეულ წინაპარს!

აქვე შევნიშნავთ, რომ ძიებათა პროცესისგან სასურველი შედეგის მისაღებად ზემო აბზაცში ხაზგასმული სხვაობა ფრიად არსებითად მიგვაჩნდა და მიგვაჩნია. გარდა ამისა, კვლევების პროცესში ჩვენ მიერ, უპირველეს ყოვლისა, ყურადღება მახვილდებოდა ობიექტებსა და მოვლენებს შორის არსებულ იმ კავშირებზე, რომელთა გამოვლენაც, ცხოვრების

წესიდან გამომდინარე, უნდა სურვებოდათ და შეძლებოდათ კიდევ ადამიანებს და, ბუნებრივია, მათი დაკვირვების შედეგი ენაშიც ასახულიყო მეტონიმიის, კონტამინაციის, გადააზრების თუ სიტყვათა წარმოქმნის სხვა მექანიზმების მეშვეობით. შესაბამისად, ზოგიერთი უძველესი ტერმინის ეტიმოლოგიაში გასარკვევად ფასეულად ჩავთვალეთ, დაკვირვებოდათ დღევანდელ პირობებშიც კი ნაკლებად ცივილიზებული წესით მცხოვრები ზოგიერთი ტომის საქმიანობას: როგორ ეძებენ ეს ადამიანები წყალს, აჩენენ ცეცხლს, აგებენ საცხოვრებელს და სხვა. ინტენსიურად მივმართავდით **ჯგუფური ემპათიის** მეთოდსაც – **რესპოდენტებს ვთავაზობდით, თავი წარმოედგინათ იმ არსების ადგილას, რომელიც ახლა აპირებს „ენის ადგმას“...**

კიდევ რამდენიმე მნიშვნელოვან გარემოებას გვსურს გავუსვათ ხაზი:

- როგორც ენათა სამყაროს ლექსიკის პირველი, ფესვური ელემენტის მოძიების, ასევე ამა თუ იმ კონკრეტული ტერმინის ეტიმოლოგიის დადგენის მცდელობისას ვეძებდით და ვაანალიზებდით ფაქტებს მითოლოგიებიდან, ბიბლიიდან, სხვადასხვა მეცნიერული დარგიდან [3-4, 7-10], ხოლო ერთმანეთთან მათი შეჯერების მიზნით ვიყენებდით იმ მეთოდებს, რომლებიც წლებია გამოიყენება ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების სპეციალისტების მიერ ამა თუ იმ საკვლევო ობიექტის შესწავლისა და მართვისთვის კომპიუტერული სისტემის შექმნის პროცესებში.
- ლექსიკის მარაგის უპირველესი ცნების მოსაძიებლად ინტენსიურად ვიყენებდით ასევე ანკეტირების მეთოდს, ვეყრდნობოდით რა

პრინციპს: „ის, რაც დაფარულია გენიოსებისთვისაც კი, შესაძლოა ვიცოდეთ ყველა ჩვენგანმა, თუნდაც ქვეცნობიერის დონეზე, ოღონდ... ერთობლიობაში“.

ვაგრძელებთ აღნიშნული მიმართულებით კვლევებს. მიზნად ვისახავთ, ენების წარმოშობა-განვითარების შესახებ ავტორის მიერ ადრე გამოქვეყნებულ შრომებში აღწერილ და ზოგ უახლეს კონცეფციაზე დაყრდნობით, მკითხველს წარმოვუდგინოთ ახალი ვერსიები ზოგიერთი საინტერესო ტერმინის ეტიმოლოგიური წარმოშობის შესახებ. ნაწილისთვის ვეყრდნობოდით მანამდე გაკვალულ იმ გზებს, რომელთა იქითაც მკვლევრები უკვე ვეღარ მიდიოდნენ. ეს ტერმინებია:

ქართლი, ანატორი, ანატოლია, ანგელოზი, ინგლისი, კიევი, მოსკოვი და სხვა.

შესავლის ბოლოს უპრიანია დავსვათ კითხვა:

რატომ ვთვლით, რომ სწორედ ქართულ ენას ძალუმს ენათა სამყაროსათვის გზამკვლევად მოგვევლინოს ამ წიაღსვლებში?!

მოგვყავს შემდეგი არგუმენტები:

1. ჯერ ერთი, არავინ უარყოფს სხვა ეთნოსების და მათი ენების მიერ უკვე შეტანილ თუ მომავალში შესატან წვლილს ამ კვლევებში, განსხვავებით იმ ვითარებისგან, რომელიც დღეს შექმნილია ქართველურ ენებთან მიმართებით. ნათქვამის დასტურად საკმარისია ასეთი ფაქტის მოყვანა: ვიკილექსიკონში – საიტზე, რომელმაც ბოლო ათწლეულში საოცარი პოპულარობა მოიპოვა, ტერმინთა ეტიმოლოგიაზე მსჯელობისას ნაკლებად ან თითქმის არ მოიხმობენ არტეფაქტებს ჩვენი ენიდან, მაშინ, როდესაც მათ ხშირ შემთხვევაში შესანიშნავად შეუძლიათ დამაკავშირებელი რგოლის ფუნქცია შეას-

რულონ სხვადასხვა ენაზე არსებულ, შინაარსობრივად ერთმანეთისგან (თითქოსდა) მნიშვნელოვნად განსხვავებულ სიტყვებს შორის. მაგალითად, ასეთი ტერმინებია: *ტაბ, ბრეგი, ლასი, ლაპ, დონე* და მრავალი სხვა.

2. ქართული ენა ათასწლეულების განმავლობაში ყალიბდებოდა. იგი ენაა, გადატანითი და პირდაპირი მნიშვნელობით, ცივილიზაციების გზაჯვარედინზე მყოფი ხალხისა, რომელმაც კაცობრიობას შესძინა ღვინისა და ხორბლის კულტურა და, თუ არ შექმნა, წინ წასწია მეტალურგიისა და მედიცინის დარგები, ხელოვნების ნიმუშებად აქცია საყდრისა და სვანეთში მოპოვებული ოქრო (ამ ქმედებებს კი, ცხადია, თან სდევდა ენაში შესაბამისი პლასტების გაჩენა). აქედან გამომდინარე, ლოგიკურია მოსაზრება – **ჩვენს ძალიან ძველ ენას კაცობრიობისათვის გაცილებით მეტი ჰქონდეს სათქმელი, ვიდრე ხდება ეს დღეს**, მით უფრო იმ ვითარების გათვალისწინებით, რომ, რაც უფრო შორს ვინაცვლებთ წარსულისკენ, მცირდება ეთნოსების ცხოვრების წესებსა და, შესაბამისად, მათ ენებს შორის განსხვავება და უფრო რელიეფურად იკვეთება საერთო ნიშან-თვისებები.

3. რა თქმა უნდა, ქართველმა ენათმეცნიერებმა ნიკო მარისა და დიდი ივანე ჯავახიშვილის შემდგომაც მრავალი კვლევა ჩაატარეს და უზარმაზარი შრომა გასწიეს ჩვენი ენის ღირსების წარმოსაჩენად, მაგრამ დღეს კომპიუტერიზაციისა და ინტერნეტის ეპოქაში, როდესაც ინტერდისციპლინურ მიდგომაზე დაყრდნობით ფართო გასაქანი ეძლევა ადამიანის მოღვაწეობის, ფაქტობრივად, ნებისმიერ სფეროში, ვთვლით, რომ ამ მიმართულებითაც უდავოდ მეტის გაკეთებაა შესაძლებელი და საჭიროც [5-6].

ძირითადი ნაწილი

მოცემული სტატია ავტორის მიერ ადრე გამოქვეყნებულების გაგრძელებაა, რაც მისი სათაურიდანაც ჩანს. ერთ-ერთ მათგანში, რომელშიც მტკვრის ეტიმოლოგიის საკითხს განვიხილავდით, აღნიშნული გვექონდა შემდეგი ფრიად საინტერესო და, რაც მთავარია, კვლევის სწორი მიმართულებით წასაყვანად განსაკუთრებული მნიშვნელობის ფაქტი [12]:

აზიაში მიედინება მდინარე, რომლის 5-მარცვლოვან სახელში შემავალი თითოეული ელემენტი ახლომახლო მცხოვრები და უკვე გამქრალი ხალხის ენებზე აღნიშნავს წყალს ან მდინარეს!!!

მოგვყავს ამონარიდი იმავე წყაროდან:

„მრავლისმეტყველი ინფორმაციაა! ჩანს, რომ ამ მდინარისთვის (და არა მარტო მისთვის, მრავალი სხვა როგორც მდინარის, ისე მეტონიმის წესით, ტოპონიმისთვისაც) სახელდების ფრიად გაწეილი პროცესი საუკუნეების განმავლობაში მიმდინარეობდა და, ბუნებრივია, დაექვემდებარებოდა მათემატიკაში კარგად ცნობილ ფენომენს – დიდ რიცხვთა კანონს, რომელიც შემთხვევითი პროცესების შესწავლისას გამოკვეთს მხოლოდ გლობალურ ფაქტორებს და ნიველირებას უკეთებს ფლუქტუაციებს, მაგალითად, ხალხური ეტიმოლოგიისათვის ასე დამახასიათებელ და ლინგვისტიკისათვის ცნობილ ე. წ. პოეტური აზროვნების შედეგებს“.

ენათა წარმოშობის შესახებ ათამდე მარტო მეცნიერული თეორია არსებობს. ვთვლით, რომ თითოეული მათგანი სწორია ზემოთ ციტატაში ნახსენები პოეტური აზროვნების ჩათვლით, თუმცა სწორია მხოლოდ **ნაწილობრივ** (ამ თეორიების მნიშვნელობის შეფასება შესაძლებელია მოხდეს სიტყვათა

მარაგის წარმოშობაში მათ მიერ შეტანილი წვლილის ოდენობით)! მაგრამ, პოეტურ აზროვნებას და მასთან დიდი დოზით კორელირებულ ხალხურ ეტიმოლოგიებს ხშირად მივყავართ აშკარად მცდარ დასკვნამდე. ნათქვამის დასადასტურებლად მრავალი მაგალითის მოყვანა შეიძლება:

- არცთუ იშვიათად ადამიანები ამა თუ იმ ტოპონიმის წარმოშობას, „პრესტიჟული“ მიზნებიდან გამომდინარე, ეტიმოლოგიურად აკავშირებდნენ რომელიმე ლეგენდარულ-მითური გმირის სახელთან, მაგალითად ამ ქალაქებისთვის: მცხეთა, რომი, პარიზი, კიევი, მოსკოვი, კრაკოვი... – მსგავსი, კონტამინაციად წოდებული მოვლენის პროდუქტი გახლავთ ხალხური ეტიმოლოგიით „ახსნილი“ ისეთი ტერმინების წარმოშობა, როგორცაა: მხარე **რაჭა**, სოფელი **ლევიტანა**, ზედსართავი **არამზადა** (ამჯერად მაგალითები მოგვყავს მხოლოდ ქართული სინამდვილიდან).

საინტერესოა, რომ არცთუ იშვიათად სწორედ კონტამინაციის მოვლენა – განსხვავებული სიტყვების ერთმანეთთან მიმსგავსების შედეგად მათი ეტიმოლოგიების გადააზრება – განაპირობებდა ენაში მოცემული ტერმინის დამკვიდრებას. გარდა ამისა, ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ მაშინ, როდესაც ხალხური ეტიმოლოგია, როგორც წესი, დავიწყებული გარემოებიდან ფრიად დაცილებულ განმარტებებს იძლევა, განსხვავებული ვითარებაა სიტყვების წარმოშობის პერიოდისათვის – **ახალ ტერმინებს სწორედ ხალხი ქმნის და ამკვიდრებს** (გამონაკლის შემთხვევებში კი კონკრეტული პიროვნებები, მაგალითად, დიდი მწერლები)! მართლაც, ტერმინების შექმნა-მოდინიფიცირების, მით უფრო დამკვიდრების

პროცესში უამრავი ადამიანი მონაწილეობს. ისინი საუკუნეების განმავლობაში იყენებენ როგორც ზემოთ აღნიშნული მეტონიმის, კონტამინაციის, გადააზრების და მშობლიური ენისთვის დამახასიათებელ სიტყვათა მოდიფიცირების მექანიზმებს, ასევე ჩვენ მიერ შემჩნეულ, ქვემოთ აღწერილ ზოგიერთ ხერხსაც. მაგალითად, არ გამოვრიცხავთ, რომ, ვთქვათ, ჰიდრონიმების სახელდება-მოდიფიცირების პროცესი განპირობებული ყოფილიყო არა მხოლოდ ასე მარტივად – არსებული სახელების უბრალოდ „შეწებებით“ (ამაზე უფრო დაწვრილებით შემდგომ ვიმსჯელებთ). შესაძლებლად ვთვლით, ესა თუ ის ტერმინი საბოლოო სახით დამკვიდრებული შინაარსობრივად და/ან ფორმის მიხედვით, მსგავსი ტერმინების, ასე ვთქვათ, „საშუალო არითმეტიკული“. თუ პრობლემის ხედვისთვის უფრო ვიწრო კუთხეს შევარჩევთ, დაახლოებით ამგვარ ვითარებასთან გვქონდა საქმე ზემოთ მოხსენიებული რაჭა, ლევიტანა და არამზადა ტერმინების წარმოშობა-დამკვიდრების პროცესში.

ზემოთ ნათქვამის უფრო ნათლად განსამარტავად მოვიშველიოთ ტერმინ **მოსკოვის** წარმოშობის მაგალითი (Москва ძველად რუსეთშიც მოიხსენიებოდა Московь-ის სახით, ხოლო საზღვარგარეთ მთელ ქვეყანას Московия-ს უწოდებდნენ). ეს საკითხი თავისთავადაც არის საკმაოდ საინტერესო და ლოგიკური, რადგან მის შესახებ მრავალმა ენათმეცნიერმა თუ უბრალოდ მოყვარულმა გამოთქვა თავისი აზრი. მოსაზრებათა სიმრავლის გამო, მოხდა მათი დაჯგუფება ტერმინის წარმოშობის სლავურ, ბალტიკურ და ფინურ-უგორულ თეორიებად. დაფიქსირდა ისეთი ცალკეული, ორიგინალური შეხედულებებიც კი, როგორიცაა, მაგალითად, მოს-

კოვის დაფუძნება ქართველების, კერძოდ მესხების მიერ. მაგრამ აქ განსაკუთრებით საინტერესო ისაა, რომ თითქმის ყველა მეცნიერი აღნიშნული ტოპონიმის წყაროდ მიიჩნევს **ჰიდრონიმს**, ამა თუ იმ ფორმით წარმოდგენილ მდინარე Москва-ს.

ჩვენი მოსაზრება აღნიშნულ საკითხთან მიმართებით ასეთია (შევნიშნავთ, რომ განვიხილავთ კონკრეტულ ტერმინს, მაგრამ პრობლემა უფრო ზოგადი სახით გვანტერესებს):

1. პირველ ყოვლისა, აღვნიშნავთ, რომ არ გამოვრიცხავთ არსებობის უფლებას აქამდე გამოთქმული **თითქმის** ყოველი ვერსიისთვის, შემდეგი ვითარებიდან გამომდინარე: ამ ქალაქში ასზე მეტი პატარა მდინარე და ათასამდე ტბა-ტბორი არსებობდა, რომელთა დიდი ნაწილი დღეს ან მიწისქვეშაა მოქცეული, ან ამოშრობილია (დიდი ქალაქებისთვის ფრიად დამახასიათებელი, ნაცნობი სიტუაციაა). ბუნებრივია, რომ წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიებზე საუკუნეების განმავლობაში მნიშვნელოვნად იცვლებოდა როგორც მცხოვრებთა ეთნიკური შემადგენლობა, ისე დასახლებული პუნქტების საზღვრებიც. ასევე ლოგიკურია, ჯერ კიდევ შორეულ ეპოქაში ადამიანებს მათთვის სასიცოცხლო დანიშნულების ტბისა თუ მდინარისათვის დაერქმიათ არა მარტო ეტიმოლოგიურად **წყლის ცნებასთან** დაკავშირებული, არამედ ფონეტიკურადაც ახლოს მდგომი სახელები (მით უფრო, როცა საუბარია ძირითადად ინდოევროპული წარმოშობის ხალხებზე). ამასთან, ვთვლით, რომ ზოგიერთი ამ სახელწოდებათაგანი, მაგალითად, სლოვაკური mo^zga (ტბორი) და პოლონური და გერმანული Mozgawa (მდინარეთა დასახელება) უფრო საფუძვლიანი განსჯის საგნად უნდა ქვეყლიყო... საქმე

ისაა, რომ სლავური და ბალტიკური ვერსიების განხილვისას (მოსკოვის სახელდებასთან მიმართებით სპეციალისტები მათ ანიჭებენ უპირატესობას) ყურადღება მახვილდება მოსაზრებაზე, რომ ჰიდრონიმის საფუძველი გახდა ტერმინები: «жидкий, топкий, сырой, слякотный» [13].

2. არსებობს ვერსია, რომ ტოპონიმის უძველესი ფორმა გახლდათ **не засвидетельствованная в письменных памятниках** (ხაზი ჩვენია) ფორმა **Москы** [13], რომელსაც შემდგომ ნათესაობითი ბრუნვის აღმნიშვნელი ფორმანტი დაემატა, მაგრამ იგი ტოპონიმის სახელდებას წინააღმდეგობაში მოდის წყაროდ ჰიდრონიმის პრიორიტეტულობაზე.

3. გარკვეულ ფაქტებსა და მათი გაანალიზების შედეგად გამოტანილ დასკვნებზე დაყრდნობით, ზემოთ აღნიშნული „არსებობის უფლების“ საფუძველზე, ამ ქალაქის სახელდებასთვის წარმოგიდგინებ შემდეგ, ვფიქრობთ, ორიგინალურ ვერსიას, რომელშიც აქცენტი კეთდება **Московь** ტერმინში შემავალ მეორე მარცვალ **ковь**-ზე, ჩვენი აზრით, იმავე **гов (хов)**-ზე. ეს მარცვალი ასეთი ან რამდენადმე მოდიფიცირებული სახით ფიგურირებს სლავურ არეალში მოქცეული საკმაოდ ბევრი ჰიდრონიმის სტრუქტურაში, მეტიც, არ გამოვრიცხავთ მის კავშირს, მეტონიმის წესით, ისეთ ტერმინებთან, როგორცა: რუსული **говор**, სომხური **გავარ** და ქართულ **გვარი**. **მათი საერთო, შორეული წინაპარი კი, ჩვენი აზრით, უნდა იყოს უძველესი წარმოშობის ხევ/ტერმინი** [12]. **Ков** მარცვალი სლავურ სივრცეში ფიგურირებს ისეთი მნიშვნელოვანი ჰიდრონიმებისა და ტოპონიმების დასახელებებში, როგორიცაა: **Харьков, Псков, Краков**,... სასეებით შესაძლებლად მიგვაჩნია ამ ნუსხაში **კიევის** გამწესებაც! განსაკუთ-

რებით საინტერესო ისაა, რომ ამ ტერმინების ეტიმოლოგიის შესახებ მეტ-ნაკლებად არგუმენტირებული ვერსიები არ არსებობს (თუ არ ჩავთვლით ე. წ. ლეგენდარულ, როგორც წესი, ზღაპრულ მოსაზრებებს, რომლებიც ტოპონიმ-ტერმინების წარმოშობას ამა თუ იმ მითური გმირის სახელთან აკავშირებს). გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ბელორუსსა და პოლონეთში არსებობს **Мостково** სახელის მქონე დასახლებული პუნქტები, უკრაინაში კი **Мостковский** რაიონი. არ გამოვრიცხავთ, ამ სახელწოდებებში ფიგურირებდეს ტერმინი **мостки**, მაგრამ უფრო საფუძვლიანად მიგვაჩნია, შემდეგი გარემოებიდან გამომდინარე, ჩვენეული ვერსია: როგორც ცნობილია, დასახლებული პუნქტები მეტწილად შენდებოდა მდინარის შევიწროებულ, შემადლებულ ადგილას, საიდანაც ადვილდებოდა ხიდის გადება მეორე ნაპირზე გადასასვლელად. ასეთ ადგილს სლავურ ენებში **мыс** ეწოდება და ითვლება, რომ მისი ეტიმოლოგია უცნობია. ჩვენ კი ვთვლით, რომ **мыс ტერმინის წარმოშობა წყლის ცნებას უკავშირდება და მან, თავის მხრივ, დაბადა место** (ადგილი), **місто** (უკრ. ქალაქი) და **мост სიტყვები** (ისე კი, ამ ტერმინის წყლის ცნებათან კავშირი მრავალ ენაზე შეიმჩნევა, რაც მისი წარმოშობის უძველეს პერიოდზე მეტყველებს).

4. ამრიგად, ჩვენი ვერსიით, **Мос(т)+ковь**-ად სტრუქტურირებულ ტერმინში არ გამოვრიცხავთ პირველი მარცვლის თავდაპირველად **мост** სახით არსებობას და **Мост+ковь** ტერმინით ქალაქის ამა თუ იმ ნაწილთა სახელდებას (ცნობილია, რომ ამ ქალაქში უამრავი მდინარე გადიოდა და მათზე ხიდების გადება მეტად საშური საქმე იქნებოდა!).

5. დასასრულად, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, ე.წ. „საშუალო არითმეტიკულზე“ მსჯელობისას, შესაძლებლად ვთვლით **Мос(т)+ковь** ტერმინს (სხვებთან თანამშრომლობაში) ქალაქისთვის საბოლოო სახელწოდების ფორმირებაში.

შენიშვნა. ტერმინ „მოსკოვის“ ეტიმოლოგიის შესახებ ზემოთ მოტანილი მსჯელობანი ორიენტირად გამოდგება სხვა, მსგავსი საკითხების განხილვის დროსაც. კერძოდ, შესაძლებლად ვთვლით, რომ ერთმანეთთან დაკავშირდეს დღეს „დაუკავშირებელი“ ისეთი ტერმინები, როგორებიცაა: გერმ. *Berg, Burg (-burg), Brucke*, სლავური *бeрeг* და ქართული ენის სამყაროდან სიტყვები: ბრეგი, ბრეკი (იმერ. და ლეჩხ. დიალექტებში - შემადღებელი ადგილი, კონცხი), ბრგე, სავარაუდოდ ბურჯი (საბა შემოსულად თვლის, ჩვენ კი ვფიქრობთ, რომ იგი კაცობრიობის უძველესი ლექსიკის შემადგენელი ერთ-ერთი ტერმინია), ბარჯი და დაბარჯვა. მაშასადამე, ამ საქმეში ქართულ ენაში არსებულ არტეფაქტებსაც ძალუბთ შეასრულონ გარკვეული როლი.

სტატიის ამ მონაკვეთისათვის დასკვნის სახით:

ჩვენ მიერ ადრინდელი თუ აქ აღწერილი კვლევების პროცესში, უპირველეს ყოვლისა, გამოვდიოდით ასეთი მოსაზრებიდან - თუ ენების სამყაროში საწყისი ლექსიკის შემადგენელი ტერმინებისათვის, ხატოვნად რომ ვთქვათ, ნაპოვნი იქნება „არიადნას ძაფის წვერო“ (ასეთად კი ადრე ჩატარებული კვლევებით წყლის ცნებაზე გავედით), მაშინ მისი მეშვეობით უნდა გაადვილდეს ენათა სამყაროს ლაბირინთებში გზის გაკვლევა, ტერმინთა იმ უზარმაზარი გორგლის გაშლა, რომელშიც „მშობელი-შვილი-შვილიშვილი“ სქემით თუ რაიმე ასოციაციით ლოგიკურად ერთმანეთს დაუკავშირდება

აქამდე „ცა და მიწასავით განსხვავებულ“ სიტყვათა ერთეულები!

წინამდებარე სტატია სწორედ ასეთი მიმართულებით გაგრძელებულ კვლევათა შედეგების წარმოჩენას ისახავს მიზნად.

...

თუ საუკუნეთა სიღრმისკენ ავიღებთ გეზს, ნათელი გახდება, რომ ადამიანის მიერ ცნებების (პირველ რიგში, მდინარეების და, ზოგადად, წყალსაცავების) სახელდების და მომდევნო ხანებში ამ სახელების დივერსიფიცირების პროცესი გამორიცხავდა ზემოთ ნახსენები პოეტური აზროვნების გავლენას, რაც ნათლად იკვეთება უკვე აღნიშნული 5-მარცვლოვანი და ქვემოთ ჩამოთვლილი მრავალი ჰიდრონიმის ფორმირების მაგალითებზე. ჩანს, რომ საუკუნეების განმავლობაში მათი სახელდების პროცესი წარიმართებოდა შემდეგ უმარტივეს ალგორითმზე დაყრდნობით:

მდინარე/წყალი (ამა თუ იმ ტომის ენაზე) + მდინარე/წყალი (სხვა ტომის ენაზე) + ...

5 მარცვლისგან შედგენილი კონკრეტული ჰიდრონიმის სახეცვლილების მაგალითი დიდ რიცხვთა კანონის პრაქტიკაში რეალიზების ერთ ფრიად შთამბეჭდავ ილუსტრაციად წარმოგვიდგება, მაგრამ მარტო ქართული სინამდვილიდან (დანარჩენების შესახებ სხვა დროს ვიმსჯელებთ) შესაძლებელია მრავალი ისეთი ჰიდრონიმის დასახელება, რომელთა სტრუქტურა ერთმნიშვნელოვნად გვაუწყებს, რომ საქმე გვაქვს ორი (ზოგჯერ მეტი) კომპონენტისგან შედგენილ სახელთან [12].

ესენია:

1. 2-ელემენტარი კომპოზიტის ფორმის მქონე შემდეგი ჰიდრონიმები;
 - არხოსწყალი, აჭარისწყალი, ბაკურიანის-წყალი, ..., ხობისწყალი;
 - ავანისხევი, აკუმოსხევი, ..., ჭართლისხევი, ჭერათხევი;
 - ადიშისჭალა, დოღრაჭალა და სხვა.
2. საქართველოში ასევე გვხვდება 3 კომპონენტისგან შედგენილი ჰიდრონიმებიც: წყალტუბოსწყალი, შავწყაროსწყალი.

ლინგვისტიკაში ცნობილია დიდ რიცხვთა კანონის გამოვლენის კიდევ ერთი მაგალითი – დადგენილია, რომ დიდი მდინარეების სახელები გაცილებით იშვიათად იცვლება, ვიდრე – მცირეთა, რასაც ასევე ფრიად ლოგიკური ახსნა აქვს.

სწორედ ამგვარი, განზოგადებული სახის ფაქტოლოგიურ მასალაზე დაყრდნობით (რომელიც უკვე დაფიქსირებულია ენათმეცნიერთა მიერ) და ზოგიერთი, აქამდე შეუმჩნეველი კანონზომიერების გათვალისწინებით (აქ ძირითადად მხედველობაში გვაქვს სტატიის ავტორის მიერ ადრე გამოქვეყნებულ შრომებში ენის (ენების) წარმოშობისათვის შემოთავაზებული 3-ეტაპიანი სქემა [9,11]), ქვემოთ განვიხილავთ ახალ ეტიმოლოგიურ ვერსიებს რამდენიმე საინტერესო სიტყვისთვის კაცობრიობის უძველესი ლექსიკის მარაგიდან.

თავდაპირველად გვსურს, ხაზი გავუსვათ შემდეგ გარემოებას:

საერთოდ, სიტყვათა ეტიმოლოგიის დადგენა რომ რთული საქმეა, ამას მოწმობს ასეთი ფაქტიც – შესაბამისი პროფილის ლექსიკონებში დარგის სპეციალისტები ტერმინთა უმრავლესობისათვის, როგორც წესი, ამოსავალ ცნებად რამდენიმე და ხში-

რად სრულიად განსხვავებული დატვირთვის მქონე (ანუ ურთიერთგამომრიცხავ) ვერსიას ასახელებენ.

აქედან გამომდინარე, მიზნად დავისახეთ:

არა იმდენად, მაგალითად, რომელიმე კონკრეტული მდინარის ეტიმოლოგიაში გარკვევა (თუმცა, ცხადია, ესეც!), არამედ, საერთოდ, ჰიდრონიმების სახელების პროცესის უფრო ფართო კუთხიდან დანახვა (მასში მეტი ზოგადობის აღმოსაჩენად), შემდეგ კი, დედუქციის მეთოდზე დაყრდნობით, „ქვემოთ დაშვება“ და კონკრეტული მდინარისთვის, არსებულბთან შედარებით, უფრო დამაჯერებელი ეტიმოლოგიური ვერსიის შემოთავაზება.

შენიშვნა. პრობლემის დანახვა-გადაწყვეტისადმი ასეთი მიდგომა შესაძლებელია შევადაროთ დედამიწაზე მიმოქცევაში მყოფი წყლის უზარმაზარი მასის მოძრაობის მიმართულებაში გარკვევის მცდელობას. მაშინ, როდესაც „თვალსა და ხელს შუა ჩატარებული“ ექსპერიმენტის შედეგი, სად წავაიატაკზე თუ მიწაზე დაქცეული ჭიქა წყალი, დიდად ინფორმაციული ვერ იქნება, გაცილებით შორი მანძილიდან (კოსმოსიდან) დედამიწაზე არსებულ წყალსატევებზე დაკვირვება ადვილად გასცემს პასუხს კითხვაზე: როგორი გახლავთ პლანეტაზე წყლის მოლექულათა უძირითადესი მასის (და არა რომელიმე კონკრეტული მოლექულის) მოძრაობის ტრაექტორია.

მოსაზრება, რომელიც გამოვთქვით ჰიდრონიმების წარმოშობის შესახებ, ლოგიკურია გავავრცელოთ მრავალი კონკრეტული თუ ზოგადი შინაარსის ტოპონიმზეც. იგივე ითქმის ყველა იმ ტერმინის შესახებაც, რომელთა სახელებს განაპირობებდა მათი ამა თუ იმ სახის შემხებლობა წყლის ცნებასთან.

შემდეგ *ჰიდრონიმის – ტოპონიმის* სახის გადასვლები მხოლოდ ერთი მიმართულებით არ ხდებოდა. თუმცა, ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ უძველეს ხანაში მეტწილად ჯერ **ხდებოდა მდინარის სახელდება ადგილზე დასამკვიდრებლად** მოსული ტომის წარმომადგენლების მიერ (მათ ენაზე წყლის ცნების გამომხატველ ზოგად სახელზე დაყრდნობით), შემდეგ კი, მეტონიმის წესით, ტოპონიმებისა და ადგილზე მდინარის (ტბის) თვისებების, თავისებურებათა გამომხატველი ქმედების, ატრიბუტების აღსანიშნავად ახალი, უკვე დამოუკიდებელი შინაარსის მქონე სიტყვების მოფიქრება [12]:

1. მართლაც, ფრიად ლოგიკურია, რომ ენის შექმნის იმ შორეულ პერიოდში, როცა ადამიანი მომთაბარე ცხოვრებას ეწეოდა (მიწათმოქმედებით ის შემდგომ დაკავდა), სწორედ ჰიდრონიმები (ზოგადი სახის ტერმინები: *წყალი, მდინარე, ტბა, წყარო, რუ...*) გამოსულიყო კონკრეტული ტოპონიმებისთვის „მშობლის“ როლში, მაგალითად, *ვებისისთვის – ვება* ანუ მჟავე წყალი. მეტიც, სწორედ წყალთან პირდაპირი თუ ირიბი შემხებლობის პროდუქტად გვესახება ზოგადი სახის ტოპონიმებიც: მიწა (შდრ. სითხესთან დაკავშირებულ სიტყვებს: *მაწიერი, მაწონი, მაჭარი, მუჯა (მჟავე წყალი), მუჭი...*); დაბა (*ტაფობი, დაბლობი*) – წარმოშობილი უძველესი ტ(ა)ბა ტერმინისგან, ასევე სიტყვები: რიყე, ვაკე და სხვა.

2. მიგვაჩნია, რომ შორეულ წარსულში არა ტერმინებმა *თბილმა, ცივმა* და სხვა მისცა დასახელება ჰიდრონიმებს და მეტონიმით – ტოპონიმებს, არამედ ტბებსა და მდინარეებში წყლის თვისებებმა (მოცემულ შემთხვევაში – ტემპერატურამ) განაპირობა ზემოხსენებული ტერმინების წარმოშობა.

დრონი მეფობენ... ტომი ტომს ცვლის, ადგილიდან განდევნის ან ერთი მეორეში ითქვიფება. შესაბამისად, ვთვლით, რომ უძველესი დროიდან მოყოლებული, მდინარის სახელდებისათვის პრიორიტეტული უნდა ყოფილიყო იქ მოსახლე, სხვადასხვა ენაზე მოსაუბრე ადამიანების მიერ მათი მაცოცხლებელი წყალსატევისათვის დარქმეული სახელების „შეწებების“ ის წესი, რომლის განსაკუთრებით შთამბეჭდავი მაგალითი ზემოთ მოვიყვანეთ 5-კომპონენტანი ჰიდრონიმის სახით (და არა მართლაც ეს მაგალითი).

აღვნიშნავთ, რომ სახელთა დაწყვილების ფენომენი არც ტოპონიმებისთვის გახლდათ უცხო. ოღონდ ამ შემთხვევაში, ტერიტორიული სიახლოვის გარდა, კომპოზიტის დაბადების მიზეზად შესაძლოა ქცეულიყო მოცემულ პერიოდში არსებული პოლიტიკური ვითარებაც.

მოვიყვანოთ შესაბამისი მაგალითები:

ამერ-იმერი, ჭარ-ბელაქანი (ისტ. კაკ-ენისელი), კოლა-არტანი, ქართლ-კახეთი, ფშავ-ხევსურეთი, ერწო-თიანეთი, რაჭა-ლეჩხუმი, გურია-სამეგრელო, ტაო-კლარჯეთი, ასევე, გარკვეულ ისტორიულ პერიოდებში: ავსტრია-უნგრეთი, ჩეხოსლოვაკია და სხვა.

ვაგრძელებთ:

ძალიან ხშირად ჰიდრონიმებისა და ტოპონიმების სახელდებას განაპირობებდა ის გარემოება, რომ ადამიანების მიერ სამოსახლო მეტწილად ფუძნდებოდა **ორი მდინარის შეერთების** ადგილას, გამომდინარე შემდეგი ფაქტორებიდან:

- ასეთი ადგილი, როგორც წესი, გახლდათ შემაღლებული პუნქტი, მტრის თავდასხმებისგან დაცული ბორცვი, **სიმაგრე, ციხე**, საიდუმლო გვირაბების მემვეობით წყლით უზ-

რუნველყოფილი და, როგორც წესი, იქვე მდებარე მეორე ნაპირზე გადასასვლელი ხიდის დაცვის ფუნქციის მქონეც (ხშირად მათ სახელდებაში ამ აზრაცში ხაზგასმული ტერმინები მონაწილეობდა).

- მდინარეთა შეერთების ადგილის მიმდებარე ტერიტორია (წყალ-ჭალა) გაზაფხულზე ნოციერდებოდა წყლის მიერ მოტანილი შლამით, რასაც, მიწათმოქმედებისათვის გამოსადეგი ადგილების შერჩევას, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭებოდა. ლოგიკურია, შეერთებული ნაკადისა და დასახლების სახელად შერჩეულიყო ამ მდინარეთა სახელებისგან წარმოქმნილი კომპოზიტი [12].

საცხოვრებელი ადგილისთვის სახელის დარქმევასა მოქმედებდა კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი:

ადგილზე დაფუძნებული, მიწათმოქმედი ადამიანებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენდა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისთვის (ხვნათესა და ა. შ.) დაწესებული ვადების ცოდნა (არ გამოვრიცხავთ არც თვით შთამომავლობის ჩასახვისთვის დაწესებული „ლიმიტების“ აღსრულების დროში გარკვევას!).

ამ მიზნის მისაღწევად ჩვენში უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა მეტად პრიმიტიული სახის ნაგებობა – მზის საათი, წარმართული ძეგლების ის პირველსახე, რომელთა ნაშთები ჩვენს მთიანეთში დღემდეა შემორჩენილი.

მკვლევარ გიორგი გიგაურის თქმით, მთაში „ამინდის 'სამინისტროს' განაგებდა მემარგე, რომელიც მზესა და მთვარეზე დაკვირვებით პროგნოზირებდა, როდის დადგებოდა ახალი წელი; თვე,

სეზონი წვიმიანი იქნებოდა თუ ცხელი და ა. შ. ანუ ეს ნაგებობა ერთგვარი ხალხური ობსერვატორია იყო ხევში...“.

მემარგის მიერ ჩაბარებული **ანგარიშების** (დავიხსომოთ ეს ტერმინი!) სისწორეს სასიცოცხლო მნიშვნელობა ჰქონდა ადგილობრივი მოსახლეობისთვის.

მნათობებზე დაკვირვება მოითხოვდა საუკუნეების განმავლობაში დაგროვილი დიდი ცოდნის ათვისება-გამოყენებას. ჩანს, რომ ჩვენი მემარგეები, ვარსკვლავთმრიცხველები, ქურუმები (საბას მიხედვით, მისნები) ამ ცოდნას თავისი დროისათვის საკმაოდ კარგად ფლობდნენ, რის შესახებაც მეტყველებს:

- შოთას პოემა და საბას ლექსიკონი;
- ის ფაქტი, რომ ე. წ. *განდობილებისგან* საკრალური ცოდნის მოსაპოვებლად საქართველოს სტუმრობდნენ გრაფი ვალევსკი თუ სხვა ეზოთერიკოსები;
- აკად. ნიკო ბერძენიშვილის გადმოცემით, ი. სტალინი სწორედ ქართველ ქურუმთა ინსტიტუტს მიიჩნევდა ვარსკვლავთმრიცხველური და იმდროინდელი ინჟინრული ცოდნის მფლობელად.

ამრიგად, დასტურდება ფაქტი, რომ უძველესი ცივილიზაციების მიერ „ორჯერ ამომავალი მზის ქვეყნად“ შერაცხულ საქართველოში ცხოვრობდნენ ადამიანები, რომლებიც ასტრონომიის სფეროში ცოდნას და მნათობებისადმი თაყვანისცემას ფრიად პრაგმატულ მიზნებთან ათავსებდნენ. ამასთან, ამინდის პროგნოზის გათვლა-განგარიშება ჯერ კიდევ უძველესი პერიოდიდან ხდებოდა იმ წარმართულ სალოცავებში (უძველეს ობსერვატორიებში), რომლებისთვისაც სპეციალურად შერჩეული ადგი-

ლები შემდგომში, პირდაპირი და გადატანითი მნიშვნელობით, ქრისტიანულმა ტაძრებმა დაიკავა.

ადრე გამოქვეყნებულ სტატიებში [2,14] გამოთქვით მოსაზრება, რომ ჩვენი წინაპრების სათაყვანო ობიექტებისგან შემდგარ სამკუთხა სტრუქტურას – სამეულს, მთებზე განთავსებული მზისა და მთვარის (ხშირად ქალსა და მამაკაცთან გაიგივებული) კერპებით, მესამე წვეროში კი ამ ნიშნულებზე დაკვირვების პუნქტით, ლოგიკურია, გამოძახილი ეპოვა თეონიმ-ტოპონიმების დასახელებასა და ამ საქმიანობასთან დაკავშირებული სხვა ტერმინების შექმნისას.

კერძოდ, მივიჩნით, რომ „მზის ორჯერ ამოსვლის“ ადგილას მდებარე ხევსურეთის სოფელ ანატორის სახელი კომპოზიტია და მასში ფიგურირებს ან (მთვარის) და ტორ (მზის) აღმნიშვნელი კომპონენტები. შდრ. სიტყვები: *ტაროსი, ტარი, დრო, თარიღი*. საინტერესოა, რომ ბოლო ტერმინი სხვა ენებშიც გვხვდება, რაც მის შორეულ წარსულში წარმოშობაზე მეტყველებს.

იმავე აზრის ვართ ანატოლიის, ისტორიული საქართველოს მხარის სახელწოდების შესახებაც! ასევე არ გამოვიცხავთ, რომ ზემოთ აღნიშნული ფაქტორი მოქმედებდა ბასკეთის მეზობელი, უცნობი ეტიმოლოგიის სახელწოდების მქონე ქვეყნის, ანდორას (Andorra) სახელდებისას.

მიზანშეწონილად ვთვლით კიდევ ერთი საინტერესო ფაქტს, რომელიც, ვფიქრობთ, საფუძვლიან არგუმენტს სძენს ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებას:

ახალ ზელანდიაში, ერთ-ერთ სამხრეთ კუნძულზე, ტასმანიის ზღვასთან პატარა მდინარის შეერთების ადგილას გაშენებულია ანატორის სახელის მქონე პატარა დასახლება (პუნქტის სახელდება,

უნდა მომხდარიყო იქ ევროპიდან ჩასულ ახალმოსახლეთა მიერ). მასზე გამავალ მდინარესაც ანატორი (Anatori River) ჰქვია და განსაკუთრებით საინტერესო ისაა, რომ ისიც წარმოიშვა ორი ნაკადულის შერწყმით.

ვაგრძელებთ თემას:

რადგან დასახლებული პუნქტები ძირითადად 2 მდინარის გადაკვეთის ადგილას შენდებოდა, ზემოთ ხსენებულ „სამკუთხედში“ დაკვირვების პუნქტისთვის ადგილი აპრიორი განესაზღვრათ, დანარჩენი ორი წვეროსთვის კი, ბუნებრივია, უფრო მოხერხებულია ნიშნულებად მდინარეთა გაყოლებაზე მდებარე ქედებისა თუ გორაკების შერჩევა. ამრიგად, გამორიცხული არ არის მდინარეთა შეერთებული სახელები ქვეულიყო როგორც ჰიდრონიმ/ტოპონიმად, ისე თეონიმად და, დაკისრებული ფუნქციებიდან გამომდინარე, ამ ნიშნულებისთვის დაერქმიათ მზის და მთვარის (ქალის და მამაკაცის) აღმნიშვნელი კომპოზიტი სახელები.

ზემოთ თქმულზე დაყრდნობით, შესაძლებელია როგორც ტერმინი ანატორი, ისე, ამა თუ იმ ასოციაციით, „წყვილმდინაროვან არეალთან“ დაკავშირებული მეტად ძველი, სხვადასხვა შინაარსის მქონე სიტყვები 2-მარცვლოვან კომპოზიტად წარმოვადგინოთ!

ჩანს, რომ უხსოვარი (არაისტორიული) დროიდან ადამიანები არა მარტო ჰიდრონიმებისა და ტოპონიმების სახელდებისათვის მიმართავდნენ უკვე არსებულ სახელწოდებათა ერთმანეთთან მიერთების ხერხს. გარკვეულ შემთხვევაში კონტამინაციის, გადაზრების ან რაიმე სახის ფონეტიკური ცვლილებების შედეგად იქმნებოდა სხვა, სრულიად ახალი შინაარსის კომპოზიტ-ტერმინებიც, მაგალითად:

თერ + გ(ვ)-იდან (შდრ. თერგვაული) - თერგი და თორღვა;

მიჟ + ან-იდან (მიჟ – სვანურად მზის აღმნიშვნელია) – მიზანი და მისანი;

მატ+კურ-იდან – მტკვარი, მატკვარცანა, მტკნარი;

ენ + გურ-იდან კი (ჩვენ ამ მდინარის სახელწოდებაც კომპოზიტად გვესახება, რომლის „ენ“ და „კურ“ მდგენელები, დიდი ალბათობით, წყლის აღმნიშვნელი ტერმინები უნდა იყოს, ამასთან, არა მარტო დასავლეთი შავიზღვისპირეთის არეალის ფარგლებში);

- **ანკარა** (ზედსართავი სახელი, ძირითადად წყალსატევებისთვის);

- **ანკარა** (ტოპონიმი – თურქეთის დედაქალაქი, მდებარეობს ანატოლიის ცენტრში, ორი მდინარის შეერთების ადგილას, რომელთაგან ერთ-ერთის სახელი ასევე **ანკარაა**);

- **ანკარა** (ტოპონიმი – მიტოვებული სოფელი ონის მუნიციპალიტეტში);

- **ანარკია** (ტოპონიმი – დღევანდელი ანაკლია. ეს სოფელი მდებარეობს ენგურის ზღვასთან შეერთების ადგილას. სახელწოდების *აკივლებულად* (მეგრ.) გადააზრება ხალხური ეტიმოლოგიის „ქმედითობის“ ტიპური ნიმუშია. საყურადღებოა, რომ იქვეა სოფელი ე(ნ)გრეტა),

- **ანგურა** (იგივე აგუნა, სამეგრელოში - ჯუჯელია), დასავლეთ საქართველოსა და კლარჯეთში მევენახეობა-მეღვინეობის მფარველად აღიარებული ღვთაება [16]. ჩვენი ვარაუდით, ამ სიტყვიდან უნდა მომდინარეობდეს:

- სიტყვა **ანგლობა** - მეღვინეობის, შესაძლოა, ზოგადად, მოსავლის მფარველი ღვთაები-სადმი მიძღვნილ დღესასწაულთან კავშირში

მყოფი ტერმინი (ქართული ენა მდიდარია წარმართთა ზეობის ეპოქაში წარმოშობილი და შემდგომ ხანებში შერისხულ-დისკრედიტირებული სიტყვებით [15]).

- **აგუნა/ანგურა** ღვთაება ჩვენში ბახუს-დიონისეს ტოლფასი ფიგურაა, საინტერესოა, რომ ზოგ შორეულ ეთნოსში (ინდონეზია, იავა, სუდანის) სიტყვა **anggur** ღვინის აღმნიშვნელად გვევლინება!
- ერთ-ერთ ნაშრომში ვწერდით, რომ გადმოცემით ხევისბერებს და ქადაგებს საკრალური ინფორმაციის მისაღებად დაწესებული რიტუალების აღსრულებისას თავიანთ აღქმებში **სულიწმიდა** ევლინებოდათ მტრედის სახით [2]. ვვარაუდობთ, რომ სწორედ ამ ფენომენმა მისცა საფუძველი სიტყვა **ანგელოზის/ἄγγελος** სახელდებას (ყ ასოთა წყვილი ბერძნულში იკითხება, როგორც ნგ), ტერმინის, რომელიც მკვლევართა ვარაუდით, ძველმა ბერძენებმა უცნობი აღმოსავლური ენიდან ისესხეს! აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ *ანგელოზს* საბა *ქადაგთან* აიგივებს.
- **ანგარიში** – მემარგეტა მიერ ამინდის პროგნოზისთვის საჭირო ქმედებების (გათვლების) აღმნიშვნელი სიტყვა (გადააზრებით - ანგარება). საქმე ისა, რომ მზის, მთვარის, პლანეტების მოძრაობაზე დაკვირვებისას განსაკუთრებული როლი ენიჭება **მნათობთა მიერ შექმნილი კუთხის და ფიქსირებას სპეციალურად შერჩეულ ნიშნულებთან მიმართებით** და, ვფიქრობთ, შემთხვევითი არ გავლავთ ანგურ, ანგარიშ და მრავალ ინდოევ-

როპულ ენაზე კუთხის (ასევე, ღუზის) აღმნიშვნელი ტერმინების ურთიერთმსგავსება.

- შესაძლებლად ვთვლით, ბერძნების მიერ ნასესხები ეს ტერმინი (დღემდე დაუდგენელია, სახელდობრ რომელი აღმოსავლური ენიდან) წარმოადგენდეს მთვარისა და მზის ღვთაებების მაიდენტიფირებელი ან და გურ (გერ, გელ, ხელ, ჰელ) ტერმინების შეერთებით მიღებულ კომპოზიტს. ამასთან, არ გამოვრიცხავთ, რომ შემდგომ ხანებში ეს თეონიმი გარკვეული სახეცვლილებით ტოპონიმადაც იქცა აქამდე გაურკვეველი ეტიმოლოგიის მქონე ტოპონიმ ინგლისისათვის. ამ ქვეყნის უძველესი სახელწოდება დაფიქსირებულია ლათინურ ენაში და გახლავთ **Anglia**, მაგრამ, ჩვენი ვარაუდით, „ნათლიების“ როლში მოგვევლინენ ქართველების (პროტოქართველების) შორეული ნათესავები: ბასკები და/ან კელტები.

...

რა თქმა უნდა, სიტყვათა ეტიმოლოგიების კვლევები ზუსტ მეცნიერებათა სფეროს არ განეკუთვნება და ძნელია ამა თუ იმ ტერმინის წარმოშობის შესახებ ჭეშმარიტების ფლობაზე პრეტენზია განაცხადონ დარგის თუნდაც მეტად კვალიფიციურმა სპეციალისტებმაც კი! მაგრამ, თუ ძიების პროცესში მოცემული ჰიპოთეზის სასარგებლოდ დაგროვდება საკმაო რაოდენობის ფაქტები (წარმოვიდგინოთ ისინი ვითარების ამსახველი მოზაიკის ელემენტებად!), რაღაც მომენტში ძალაში შევა ამ სტატიაში ზემოთ ნახსენები დიდ რიცხვთა კანონი, რის შედეგადაც სურათის ბუნდოვნება იმდენად შემცირდება, რომ უკვე წარმატებით შეგვეძლება

ვამტკიცოთ – ჩვენს წინაშეა, მაგალითად, არა აფრიკის (ან არქტიკის) პეიზაჟი, არამედ ადამიანის პორტრეტი (ეტაპობრივად: ჯერ მხოლოდ მამაკაცის, მერე წვეროსნის, ბოლოს მარქსის და არა ენგელსის (ან პირიქით)).

აქვე შევნიშნავთ, რომ (ზოგადად გაგებულ) გამოსახულებების გამოცნობა ინფორმატიკისა და მომიჯნავე დისციპლინების ერთობლივი კვლევის საგანია ანუ გახლავთ რთული პრობლემების გადასაწყვეტად ინტერდისციპლინური მიდგომის გამოყენების ასპარეზი. ბოლო ათწლეულებში მეცნიერთა ძალისხმევით ამ სფეროსათვის შეიქმნა ზემოთ მოხსენიებული სპეციალური მეთოდების მთელი არსენალი, რომელთა ეფექტიანობა არაერთხელ დამტკიცდა.

ლირიკულ-მათემატიკური გადახვევა(?) თემიდან: *თუ რა ძალა აქვს მათემატიკას და მისი ლოგიკის პრაქტიკულ რეალიზებას, ერთი-ორი მაგალითიც მოვიყვანოთ: ადამიანის ხელით, გონებით (უფრო ორივეთი) შექმნილი მთელი სიმდიდრე, იქნება ეს შოთას პოემა, ლეონარდო და ვინჩის თუ მიქელ-ანჯელოს ან ბეთჰოვენის შემოქმედება (გნებავთ, მათ ჩვენ მიერ ვორდსა თუ ექსელში შექმნილი ფაილებიც მივათვალოთ), კომპიუტერის მეხსიერებაში შესაძლებელია შევინახოთ ორად-ორი სიმბოლო - „0“ და „1“-ის მეშვეობით. მეტიც, თეორიულად ისიც კი შესაძლებელია, ფურცელზე ავსახოთ ერთადერთი წერტილის დასმითაც კი!*

სწორედ ინტერდისციპლინურ მიდგომაზე დაყრდნობით შევიმუშავეთ ენების წარმოშობა-განვითარების 3-ეტაპოვანი სქემა, საიდანაც ხშირ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება ტერმინის ეტიმოლო-

გიური წარმოშობის ვერსიის ძიება დავიწყოთ არა „ქვემოდან“ (გნებავთ, არა მხოლოდ ამ საწყისი პოზიციიდან), არამედ წინასწარ გამოვთქვათ საფუძვლიანი ვარაუდი, თუ საიდან შეიძლება მომდინარეობდეს როგორც ეს სიტყვა, ისე მის ეტიმოლოგიაზე „ექვმიტანილი“ პირველწყაროს ამ თუ სხვა ენებში გაფანტული „ნამსხვრევები“.

ასეთი მიდგომა მკვლევრებს რომ საქმეს მნიშვნელოვნად გაუადვილებს, არაერთხელ დავრწმუნდით!

ახლა ასეთ ძირეულ ტერმინებზე გასვლა იყო ჩვენი კვლევის ერთ-ერთი მიზანი.

...

დასასრულ, ქართველებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო სიტყვა **საქართველოს** ეტიმოლოგიის შესახებ:

ამ მიმართულებით პირველი ნაბიჯი დიდი ხნის წინ გადაიდგა - გავდივართ ტერმინ **ქართლზე** და ვთვლით, რომ მისი მართებულობა არავითარ ეჭვს არ იწვევს.

იგივე ითქმის მეორე ნაბიჯზეც, რომელსაც მივყავართ სიტყვა **ქართ**-თან (ეგრისში ტერმინმა როგორც ფორმით, ისე სემანტიკურად მცირეოდენი სახეცვლილება განიცადა და *ქორთუს* სახით ქართველის, ქართლელის აღმნიშვნელ სიტყვად იქცა).

შემდეგ კი ეტიმოლოგისკენ მიმავალი ბილიკი იკარგება, თუმცა მკვლევრების მიერ გამოთქმულია რამდენიმე ვარაუდი, მაგალითად, ტერმინის ფუძედ *ქალდეა/ხალდის* მიჩნევის შესახებ... შესაძლოა, საბოლოო ტერმინის დამკვიდრებაში სიტყვა ქორედმაც მოახდინა გავლენა (საბა, ბიბლიაზე დაყრდნობით, ამ ტერმინს ასე განმარტავს: [1 ნეშტ. 28, 20]

სახლზედ სახლი აგებული; ქორედ-ქორედი – ოთხ(ი)-ხუთი სახლი სახლზედ შენებული).

სტატიაში ადრე მოყვანილი მოსაზრებიდან გამომდინარე, *ქართ/ქართლ* ტერმინის საბოლოო სახით ჩამოყალიბებაში არ გამოვრიცხავთ ამ თითოეული ვერსიის წვლილს, მაგრამ აქვე თავს უფლებას ვაძლევთ, ქვემოთ მოტანილ არგუმენტებზე დაყრდნობით, **ქართ** ტერმინის წარმოშობის შესახებ გამოვთქვათ ზოგიერთი მოსაზრება:

უპირველეს ყოვლისა, აღვნიშნავთ, რომ **ქართ**-ის სახელდებისათვის მთავარ ორიენტირად მივიჩნევთ ტერმინ **თარგამოს**.

ჩვენი ვარაუდით, ამ ლეგენდარული გმირის სახელი მომდინარეობს **თარგამ** სტრუქტურის მქონე უძველესი წარმართული კერპის აღმნიშვნელი თეონიმისაგან.

თეონიმებისა და ტოპონიმების ორკომპონენტთან კომპოზიტებად წარმოდგენის მოტივებზე ამავე სტატიაში ზემოთ გვქონდა საუბარი. აქ კი აღვნიშნავთ, რომ განსახილველი ტერმინის წარმოშობისათვის შესაძლებლად მიგვაჩნია, გამოყენებულიყო როგორც ერთი, ისე მეორე გზა (ცნობილია, რომ გადასვლა ტოპონიმისა თეონიმში და, პირიქით, იშვიათი მოვლენა არ გახლდათ):

1. **ტოპონიმური წარმოშობის ვერსია.** საქართველოს შუაგული იყო და არის ქართლი. მის გულად კი შეიძლება მივიჩნიოთ როგორც მცხეთა, ისე მასთან სიახლოვეში მყოფი ისეთი დასახლებული პუნქტები, როგორიცაა სოფლები: **ხოვლე** და **კავთისხევი**, აგრეთვე მხარეები: **თორი** და **ხევი**. ამ ტერმინების (ასევე გამ ↔ ქავ (კავ) სახის ვარიაციის) კომპოზიტად გადაქცევით შესაძლებლად მიგ-

ვაჩნია **თარ + გამ** (თარ + ქავ) ტოპონომის წარმოშობა. **ქავ** ტერმინი ქართულში დამოუკიდებლადაც არსებობს, მაგალითად **ქავის ციხის** სახით (აღნიშნავს შემოზღუდულ, დაკავებულ, დაცულ ტერიტორიას). არ გამოვრიცხავთ, რომ **კავთისხევი** კიდევ უფრო რთული სტრუქტურის კომპოზიტიც იყოს, რომელმაც დროთა განმავლობაში ცვლილებები განიცადა და თავდაპირველად მოიხსენიებოდა, როგორც **ქავ+თარის ხევი**. საინტერესოა, რომ ადრე საქართველოში არსებულა დასახლებული პუნქტი **ქავთარი**. შემორჩენილია XIII ს-ის დროინდელი საბუთი იმის შესახებ, რომ ქართლის მსხვილმა ფეოდალმა გრიგოლ სურამელმა შიომღვიმის მონასტერს მეწისქვილედ შესწირა სოფ. ციხედიდის მცხოვრები გლეხი **ქავთარელი**. ამრიგად, შესაძლოა მომხდარიყო ასეთი სახის გადასვლები:

ქავ+თორ → ქავ+თარ → ქავთარელი

(ჰაპლოლოგიით) →

ქავთარელი (მეტათეზისით) → **ქართველი**.

2. **თეონიმური წარმოშობის ვერსია**. რელიგიური წარმოდგენები ძალიან დიდი ხნის ჩაისახა, მაგრამ განსაკუთრებული ადგილი და პატივი ჩანს, მაშინ ერგო, როდესაც ადამიანი ჯერ კიდევ სულებს, ღვთაებებს, შემდეგ ღმერთს არა „უბრალოდ“ შეწევნა-დახმარების თხოვნით მიმართავდა, არამედ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მის საპატივცემულოდ აგებულ საკულტო ნაგებობებს ასტრო-

ნომიული დაკვირვებისთვისაც იყენებდა. ასევე, ვწერდით, რომ ადამიანები ხშირად მათთვის ირჩევდნენ მდინარეთა შეერთების ადგილს (ასეთი ტერიტორია გაზაფხულზე წყლის მიერ მოტანილი შლამით ნოყიერდებოდა). სწორედ ამ ფაქტორზე უნდა მიგვითითებდეს მეგრულში შემორჩენილი სიტყვა **ხვითორი** - ხვითოს მდებელი, ნაყოფიერი ადგილი [17].

ზემოთ საუბარი გვქონდა, თუ ერთი ეტიმონიდან წამოსულმა სიტყვებმა როგორი ცვლილებები შეიძლება განიცადოს როგორც ფონეტიკური, ისე სემანტიკური თვალსაზრისით, მით უფრო მაშინ, როდესაც ამ ეტიმონით სახელდებული არსი, მოცემულ შემთხვევაში ტოპონიმურ-თეონიმურ-ასტრონომიული დანიშნულების ობიექტი, თავის დროზე განსაკუთრებულ როლს ასრულებდა ადამიანების ცხოვრებაში, მათი ყოველდღიური საქმიანობის ჩათვლით.

საქმე ისაა, რომ, ჩვენი ვარაუდით, **ქავთარ** ეტიმონის ჩამოყალიბება მაშინ მოხდა, როდესაც ერები ჯერ კიდევ არ იყვნენ დიდად დიფერენცირებული და სავსებით შესაძლებელია, აღნიშნული თეონიმი ბევრი ერისთვის ქვეულიყო ქვეყნის ცნების აღმნიშვნელ ზოგადი სახის ტოპონიმად თუ, ამა თუ იმ ასოციაციით, სხვა შინაარსობრივი დატვირთვის მატარებელ ტერმინად.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია, რომ განხილვის ღირსია ისეთი, ერთი შეხედვით, ფანტასტიკური ვერსიაც კი, როგორცაა **ქავთარ** ტერმინთან (ჩვენი ვარაუდით, უძველეს სიტყვა-ეტიმონთან) ნათესაურ კავშირზე „ექვის მიტანა“ რიგი ტერმინებისთვის, ამასთან, სხვადასხვა ენაზე,

რომელთა ეტიმოლოგიური წარმოშობა მკვლევრებისთვის სრულიად უცნობია ან ფუძისკენ მიმავალი ბილიკი ორიოდ ნაბიჯის შემდეგ უჩინარდება.

ქვემოთ მოგვყავს ზოგიერთი ტერმინის სია:

Country (ინგლ.) - ქვეყანა;

Ху(в)тор (რუს., უკრ., პოლ. ხუტორი) – არის ვარაუდი, რომ ტერმინი მომდინარეობს ძვ.-ზ.-გერმ. Huntari-დან (ოლქის ნაწილის ადმინიშვნელია);

სხვიტორი, ქვიტირი, კინტრიში, ქუ(ვ)თა(რ)ისი;

гу(в)тарить (?) – ტერმინის ირონიული შეფერილობა, მისი წარმოშობის იმ შორეულ წარსულზე მეტყველებს, როდესაც ადამიანები ქავთარ და მისი მსგავსი ფუნქციების მქონე კერპების საპატივცემულოდ შემდგომ ხანებში შერისხულ ცეკვა-სიმღერებს ასრულებდნენ! ასეთი ტერმინების რიგში მოვიაზრებთ ასევე ლათინურ *cantare*-ს, ქართულ *კუნტრუმს*, სპარსულიდან შემოსულ *კინტოს* (გაიგივებულს ცულლუტ, ლაზღანდარა, მასხარა პერსონებთან).

დასკვნა

სტატიაში გამოთქმულ მოსაზრებებთან დაკავშირებით საკამათო და გამოსაკვლევ-გამოსაჩხრევ-დასამტკიცებელი ჯერ კიდევ ბევრია (ცხადია, უპირველეს ყოვლისა, ენათმეცნიერთა, თუმცა არა მხოლოდ მათ მიერ), მაგრამ ის ფაქტი, რომ 8 ათასი წლის წინ ჩვენმა წინაპრებმა (სავარაუდოდ, პროტობერებმა და კელტებმა) კაცობრიობას აჩუქეს კულტურული ვაზი და მისგან დაწურეს ღვინო, ასევე ხორბალი/პური და ხელი მოკიდეს მეთაფელობასაც, ჩვენი ჰიპოთეზები (და მომავალში აღმო-

საჩენი კიდევ ბევრი სხვა რამ) მთლად გასაოცრად არ უნდა მოგვეჩვენოს!

(კარგი იქნება, თუ ლინგვისტები იმსჯელებენ ამ ვერსიების შესახებ და კიდევ უკეთესი, თუ მათი და ჩვენი მოზრებები/ არგუმენტები ერთმანეთთან დაემთხვევა).

ამრიგად, სტატიაში გამოთქმული ცალკეული მოსაზრებების აბსოლუტურ ჭეშმარიტებაზე პრეტენზიას არ ვაცხადებთ, თუმცა დარწმუნებული ვართ, რომ თითოეული მათგანი საფუძვლიანად განხილვის ღირსია. გვსურს აქ ერთ მომენტსაც გავუსვათ ხაზი:

საყოველთაოდ ცნობილია, თუ რაოდენ დიდი როლი შეასრულეს ბერძნულმა და რომაულმა ცივილიზაციებმა მთელი კაცობრიობის წინსვლის საქმეში. დასტურად ერთადერთი ფაქტის მოყვანაც კმარა - დღეს განვითარებულ ერებს მათი ენებიდან უამრავი სიტყვა აქვთ ნასესხები. როდესაც ქართველები (გნებავთ, პროტოქართველები) თუ პირველნი არა ერთ-ერთნი მაინც იყვნენ, ვინც მომთაბარეობიდან გადავიდნენ ადამიანების ცხოვრების თვისებრივად ახალ წესზე – მიწათმოქმედებაზე, რის შედეგადაც კაცობრიობა განვითარების ახალ საფეხურზე ავიდა. საკვირველი სწორედ ის იქნებოდა, ამ პროცესის თანამდევნი ცვლილებები ჯერ ჩვენს ენაში არ მომხდარიყო, ხოლო შემდეგ, ზემოთ აღნიშნული პროცესის მსგავსად, სხვა ერების ენებშიც არ ასახულიყო.

იქნებ სწორედ ამის შესახებ გვესაუბრებოდა იოანე-ზოსიმე?

ლიტერატურა

1. Gvinepadze G. Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach. Tbilisi: Publishing House “Technical University”. “Works”. №1 (511). 2019, 80-88pp. (in Georgian).
2. Gvinepadze G. Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach (for etymology of the term ‘Georgia’). Tbilisi: Publishing House “Technical University”. “Works”. №2 (512). 2019, 40-54 pp. (in Georgian).
3. Gvinepadze G. The subject-oriented linguistics. II international scientific conference "Processing of natural languages. Georgian language and computer technologies". Tbilisi. 2004, 28-29 pp. (in Georgian).
4. Gvinepadze G. Sciences and Ioane-Zosime “Praise and Exaltation of the Georgian Language”. I international scientific conference “Science and religion”. Tbilisi. 2005. (in Georgian).
5. Gvinepadze G. Computer system for etymologic research automation. Scientific-historical journal “Svetitskhoveli”. #2. 2011, 35-39 pp. (in Georgian).
6. Gvinepadze G. Concept for etymologic research computer system. Conference devoted to the automated control systems department 40th anniversary. 2011, 244-247 pp. (in Georgian).
7. Gvinepadze G. New water theory about the origin of languages through mythological, biblical and scientific views. III international conference “Science and religion”. Tbilisi. 2014, 313-320 pp. (in Georgian).
8. Gvinepadze G. Using control theory methods for the problems of language origins and development and Wiktionary improvement. International scientific conference “Science and religion” devoted to Academician Iv. Prangishvili 85th anniversary. Tbilisi. 2015, 191-197 pp. (in Georgian).
9. Gvinepadze G. Issues of origins and development of languages through the ages. IV International scientific conference „Computing/informatics, educational sciences, teacher education”. Tbilisi. 2016, 359-364 pp. (in Georgian).
10. Chachanidze G., Gvinepadze G. Advancing language technology to build cross-cultural bridges. Multilingualism in cyberspace. Proceedings of the Ugra Global Expert Meeting. Interregional library cooperation centre. Moscow. 2016, 257-263 pp.
11. Gvinepadze G. Issues of origins and development of languages through the ages and the Wiktionary. Tbilisi: Publishing House “Technical University”. “Works”. N3, (505). 2017, 49-66 pp. (in Georgian).
12. Gvinepadze G. On the origin of the river Mtkvari (Kura) and the concept of interactive system for etymological research. Tbilisi: Publishing House “Technical University”. “Works”. №1 (507). 2018, 18-31 pp. (in Georgian).
13. URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B0_%C2%AB%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B2%D0%B0%C2%BB (in Russian).
14. Gvinepadze G. Architecture - the phenomenon of the relationship of science, religion and art. Tbilisi: Scientific and technical magazine “Modern problems of architecture and town planning”. №10. 2019, 89-98 pp. (in Georgian).
15. URL:
http://gtu.ge/View/index.html#http://gtu.ge/book/monografiebi/G_Gvinepadze_shemoqmedebiTi_azrpvneba.pdf (in Georgian).
16. URL: <http://intermedia.ge/%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%90%E1%83%A2%E1%83%98%E1%83%90/111016/89/> (in Georgian).
17. Gakharia N. Vocabulary designating the notions of soil and water in the Mingrelian-Laz languages. Master research paper. Sokhumi State University. 2019. (in Georgian).

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Solution of some complex linguistic problems by interdisciplinary approach

Gela Gvinepadze Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77
M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Reviewers:

G. Surguladze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: gsurg@gmx.net

K. Pkhakadze, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Director of Educational Research Center for Technologization of the Georgian Language

E-mail: gllc.ge@gmail.com

Abstract. The article considers new versions of the etymological origins for a number of words both in Georgian and in other languages on the basis of the theory of the origin of languages proposed by its author.

In addition to the abovementioned theory the author used an interdisciplinary approach during the search for the etymons of words. In particular, the necessary information from various spheres of human activity was selected. Then for their comparison, analysis and final decision making were used the methods that are successfully applied by system analysts in the development of computer systems. These methods are used not only to find out meaningful facts about the research field, but also to evaluate proposed solutions, namely, the instruments, such as questionnaire methods, Delphi, brainstorming, Six Thinking Hats of de Bono, etc.

Key words: Angel; Ankara; England; Enguri; etymological research; interdisciplinary approach; Kiev; Moscow; Sakartvelo.

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Решение некоторых сложных лингвистических задач с помощью интердисциплинарного подхода

Гела Гвинепадзе Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Рецензенты:

Г. Сургуладзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: gsurg@gmx.net

К. Пхакадзе, доктор физико-математических наук, директор научно-исследовательского центра технологического грузинского языка

E-mail: gllc.ge@gmail.com

Аннотация. В данной статье, на основе предложенной ее автором теории происхождения языков, для ряда слов как на грузинском, так и в других языках, предлагаются новые версии их этимологического происхождения. Кроме отмеченной выше теории, во время поисков этимологов слов автором статьи применялся интердисциплинарный подход; в частности, подбирались нужные сведения из различных сфер людской деятельности, а для их сопоставления, анализа и принятия окончательных решений на их основе, были задействованы те методы, которые успешно используются системными аналитиками при разработке компьютерных систем, и не только для поиска значимых фактов об области исследований, но и для оценки предлагаемых решений, в частности, такие инструменты, как методы анкетирования, Дельфи, мозговой атаки, 6 шляп доктора де Боно и др.

Ключевые слова: Анкара; Angel, Anglia, Киев, Москва; Энгури; этимологические исследования; интердисциплинарный подход; Сакартвело.

განხილვის თარიღი 16.10.2019

შემოსვლის თარიღი 20.11.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-80-93>

გადაწყვეტილების მიღების ეფექტიანობის ამაღლების მეთოდები

გელა ღვინევაძე მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

თორნიკე შავიშვილი მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. ჩაჩანიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

ე. კურცხალია, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

ანოტაცია. ზოგიერთი გადაწყვეტილების მიღების საკითხი გამოიყენება ისეთი სახის ამოცანების ამოსახსნელად, რომლებიც ადვილად ემორჩილება მათემატიკურ ფორმულირებას, მაგრამ ხასიათდება ე. წ. განზომილებათა წყევლით, ასევე იმ შემთხვევაში, როდესაც რეალური სიტუაციის წარმოდგენა მათემატიკური მოდელის სახით ფაქტობრივად შეუძლებელია, მაგრამ აუცილებელია პრობლემის გადაწყვეტის გზების შესახებ სხვადასხვა შეხედულების შეჯერება და მათგან ლოგიკურად რაც შეიძლება დასაბუთებული ვარიანტის ამორჩევა ან არსებულთა ბაზაზე ახლის მიღება. როგორც ერთი, ისე მეორე სახის ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება თანამედროვე მიდგომები, კერძოდ პირველი

ჯგუფის ამოცანებისათვის – საზღვრების და შტოების მეთოდი, რომელთა ეფექტიანობის ასამაღლებლად ავტორებმა გამოიყენეს მოდიფიცირებული, ევრისტიკულ მიდგომაზე დაფუძნებული მიდგომა, ხოლო თუ პრობლემური სიტუაციების გადასაწყვეტად მათემატიკაცია ვერ ხერხდება, შემოთავაზებულია დელფოსის და 6 ქუდის მეთოდების კომბინირებული და 7 ქუდად მოდიფიცირებული ვარიანტი და მათ ბაზაზე ინტერაქტიური კომპიუტერული პროგრამის კონცეფცია.

საკვანძო სიტყვები: დელფოსის მეთოდი; 6 ქუდის მეთოდი; კომპიუტერიზაცია; საზღვრების და შტოების მეთოდი, მათი კომბინირება; 7 ქუდის მეთოდი.

შესავალი

საკამათო არ არის, რომ გადაწყვეტილების მიღება ორგანული ნაწილია ადამიანის საქმიანობის ნებისმიერი სფეროსათვის და, ბუნებრივია, მისი ეფექტიანობის ასამაღლებლად გაწეული ქმედებები ასევე ამ პროცესების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მდგენელია.

ადამიანი უხსოვარი დროიდან ცდილობდა ფიზიკური შრომა შეემსუბუქებინა. თავდაპირველად ჩვენი წინაპარი ქმნიდა უმარტივეს ქვის საფხეკებს, შემდეგ უფრო რთულ ინსტრუმენტებს: ნაჯახს, შუბს, მშვილ-ისარს... გავიდა ხანი და იგი უკვე ფიქრობს, გონებრივი შრომაც შეიმსუბუქოს – მნიშვნელოვანი ინფორმაციის დასამახსოვრებლად ქმნის დამწერლობას, ეუფლება ზუსტ მეცნიერებებს, შემუშავებს მეთოდებს, რომლებზე დაყრდნობითაა შეისწავლის გარემომცველ სამყაროს. ამასთან, საუკუნეების განმავლობაში ისე სრულყოფს ამ მეთოდებს, რომ ისინი უკვე მძლავრ ინსტრუმენტად გვევლინება ჩვეულებრივი შესაძლებლობის ადამიანის ხელში. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ ასეთი ფაქტი: თუ ადრე მონაცემების რომაული ციფრებით წარმოდგენის შემთხვევაში მათზე არითმეტიკული გათვლების ჩატარება განსაკუთრებულ ნიჭიერებას მოითხოვდა და, აქედან გამომდინარე, ამ საქმის მცოდნენი საზოგადოებაში დიდი ავტორიტეტით სარგებლობდნენ, არაბულ ციფრებზე გადასვლამ საუკუნეების წინ ეს ფრიად ინტელექტუალური საქმიანობა რუტინულ ხელობად გადააქცია.

ბოლო ორ საუკუნეში მრეწველობისა და ეკონომიკის განვითარებამ მეცნიერების დარგების არნახული წინსვლა მოახდინა, ხოლო მე-20 საუკუნეში, როდესაც ადამიანის ინტელექტს მხარში ამოუდგა

მის მიერვე შექმნილი საოცრება – კომპიუტერი, ზრდის ამ ტემპმა კიდევ უფრო მოიმატა. ადამიანის გენიის მიერ შექმნილი ამ პროდუქტის შესაძლებლობები დღეს წარმოუდგენლად სწრაფად იზრდება და ხვალ როგორ სიმაღლეს მიაღწევს, პროგნოზირება ძნელია. შევნიშნავთ, უკვე შექმნილია კვანტური კომპიუტერი. მას სატესტო ამოცანის გადაწყვეტაზე, რაც მეცნიერთა გათვლით აქამდე 10 ათასი წლის განმავლობაში თუ მოხერხდებოდა, დასჭირდა მხოლოდ 200 წამი! [1].

მაგრამ, თუნდაც მხოლოდ დღევანდელი კომპიუტერის შესაძლებლობებთან გაცნობა და მათი გამოყენება ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერ სფეროში (რაც არათუ შესაძლებელია, განხორციელებულიც გახლავთ) მოითხოვს ახალი რეალობის შესაქმნის რევოლუციურ გარდაქმნებს როგორც კვლევების, ისე სწავლების პროცესში. გარკვეული ხელშესახები შედეგებიც მიღწეულია – სწორედ კომპიუტერის და მისთვის შექმნილი ტექნოლოგიების დახმარებით ხერხდება, მაგალითად, ისეთი კომბინატორული ტიპის ამოცანების გადაწყვეტა, რაც ადრე პრინციპულად შეუძლებელი იყო ე. წ. *განზომილების წყევლად* სახელდებული ხელშემშლელი ფაქტორის გამო. ნათქვამის დასადასტურებლად შეიძლება მოვიყვანოთ შემდეგი შთამბეჭდავი მაგალითი – სწორედ ამ გზით მოხერხდა საყოველთაოდ ცნობილი 4 ფერის ამოცანის სრული სახით გადაწყვეტა (და, ცხადია, არა მარტო ამ პრობლემის).

გასათვალისწინებელია ერთი მეტად მნიშვნელოვანი გარემოება, რა სიმაღლეზეც არ უნდა ავიდეს კომპიუტერის გამოთვლითი შესაძლებლობები, ზემოთ აღნიშნული *განზომილების წყევლად* წოდებული ფაქტორის გამო, ბევრი ამოცანის გა-

დაწყვეტა მისაღები დროის მონაკვეთში მაინც ვერ მოხერხდება. საქმე ისაა, რომ არცთუ ძალიან დიდი, N რაოდენობის ობიექტებისათვის მათი რაიმე სახის კომბინატორული წესით დაჯგუფება იძლევა ექსპონენტური ზრდის წესებს დაქვემდებარულ ვარიანტთა უზარმაზარ რაოდენობას. ნათქვამის შესანიშნავ ილუსტრაციად გამოგვადგება ამოცანა, ჭადრაკის გამომგონებლის დაჯილდოების ლეგენდარული ისტორიიდან.

ამრიგად, გარკვეული ამოცანების გადასაწყვეტად ეფექტიანი ალგორითმების ფორმირების საკითხი მეცნიერთა ზრუნვის საგანი ყოველთვის იქნება.

კომბინატორული სახის ამოცანების ამოხსნის დროის შესამცირებლად განკუთვნილი ერთ-ერთი მიდგომაა **შტოებისა და საზღვრების მეთოდი**, რომელიც მრავალჯერ და დეტალურად არის აღწერილი ლიტერატურაში, მოდიფიცირებული ვარიანტების ჩათვლით [2, 7, 8]. ამის გამო, მოკლედ ავხსნით მის არსს:

1. მეთოდი, უპირველეს ყოვლისა, მოითხოვს ერთგვაროვანი ობიექტების ურთიერთგანლაგების ვარიანტების აღმწერი ხის ფორმირებას. ამ ხეზე „მოგზაურობის“ ფინიშზე ობიექტების ურთიერთგანლაგება ბოლომდე განისაზღვრება, ხოლო შუალედურ პოზიციებზე – ნაწილობრივ;
2. ხის შუალედური პოზიციებისათვის ფასდება ძებნის გაგრძელების პერსპექტიულობა, კერძოდ მიმდინარე პოზიციიდან მარშრუტის ნებისმიერი გზით გაგრძელება-დასრულების შემთხვევაში გამოითვლება მიზნობრივი ფუნქციის მიერ მიღებული შესაძლო

შედეგების *ქვედა შეფასება* და თუ ის უარესია მოცემულ მომენტში აღნიშნული ფუნქციის რეკორდულ მნიშვნელობაზე, ამ მიმართულებით შემდგომი ძიებები წყდება – ვარიანტების ხეზე მოიჭრება შტო.

შტოებისა და საზღვრების მეთოდი არ მოითხოვს პრობლემის გადასაწყვეტად გამოყენებულ იქნეს ესა თუ ის მკაცრად დეტერმინირებული მიდგომა, რაიმე სტანდარტული ფორმულა. სპეციალისტმა, საკუთარ გამოცდილებაზე დაყრდნობით, დასახული მიზნის მისაღწევად თვითონ უნდა შეიმუშაოს ევრისტიკული სახის ალგორითმი, თუმცა ამ შემთხვევაშიც მეთოდი გულისხმობს ზუსტი ოპტიმალური ამონახსნის მოძიებას, რაც ძალიან ხშირად მისაღებ დროში მაინც ვერ ხერხდება!

ვთვლით, რომ შესაძლებელია გამოთვლების პროცესის დროის მნიშვნელოვნად შემცირება შემდეგი ვითარების გათვალისწინებით:

შტოებისა და საზღვრების მეთოდი, როგორც წესი, გამოიყენება არა მათემატიკისათვის მნიშვნელოვანი თეორიული დებულებების დამტკიცებულ უარყოფისათვის, არამედ ისეთი ცხოვრებისეული ამოცანების გადასაწყვეტად, რომლებისთვისაც მიწოდებული მონაცემები რეალურისგან მეტ-ნაკლებად განსხვავდება, მაგალითად, საზომი ხელსაწყოების არასრულყოფილების გამო, თუმცა ითვლება, რომ ცდომილება დასაშვებ ფარგლებშია.

მაშასადამე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ასეთი ამოცანების გადაწყვეტით მიღებული შედეგების და, შესაბამისად, მათი ამოხსნის ალგორითმისადმი აზრს კარგავს ზედმეტად მკაცრი მოთხოვნების წაყენება.

ამრიგად, პრაქტიკული დანიშნულების ბევრი

ამოცანის გადაწყვეტამდე ზემო აბზაცში მოყვანილი მოსაზრების გამზიარებელი მკვლევრის წინაშე ჯერ წამოიჭრება წინმსწრები საკითხი, როგორი არჩევანი გააკეთოს პრობლემურ შუალედში „სიზუსტე-ეფექტიანობა“.

ცხადია, სწორედ ეს არჩევანი განაპირობებს ამოცანის ამოხსნის ხერხების შერჩევასაც.

კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მომენტს უნდა გაეცვას ხაზი:

პრაქტიკული ამოცანების ფორმულირებისას დგება სხვა საკითხიც – რამდენად ადეკვატურია ამოცანის დაყენება-გადაწყვეტისათვის შექმნილი მოდელი მის მიერ ასახულ რეალურ გარემოსთან? ცნობილია, რომ ნებისმიერი მოდელი მხოლოდ გარკვეული მიხედვით ასახავს საპრობლემო არეს (აბსოლუტური შესატყვისობა შეუძლებელიცაა). შესაბამისად, მოდელის შექმნისას მკვლევარი ახდენს სიტუაციის ამსახველი და მასზე მოქმედი ფაქტორების რანჟირებას და ამ მოდელში აღარ ითვალისწინებს მეორე თუ მესამე მხარის ხიზონად მიჩნეულ ფაქტორებს.

მოდელის მეშვეობით რეალობის მხოლოდ გარკვეული სიზუსტით ასახვა უმეტეს შემთხვევაში გართულებებს არ იწვევს, მაგრამ არა ყოველთვის!

მასასადამე, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ზემოთ დასმული საკითხის გადაწყვეტას, არჩევანის გაკეთებას, რომელი ფაქტორი რა რანგში მოვაქციოთ.

ქვემოთ განვიხილავთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ მოდიფიცირებულ ვარიანტს ისეთი პრაქტიკული სახის ამოცანების გადასაწყვეტად, რომლებსაც ზუსტი ოპტიმალური ამონახსნის მიღება აუცილებელი არ არის.

გადაწყვეტილების მიღება ადამიანს თავისი მოღვაწეობის ნებისმიერ სფეროში უხდება, ამასთან, მრავალ შემთხვევაში, ამოცანის ფორმულირება და მისაღები შედეგის უზრუნველყოფი ხერხების შემუშავება ხშირად კიდევ უფრო რთული საქმეა, ვიდრე იგივე პროცედურების ჩატარება „სუფთა მათემატიკური“ ამოცანებისათვის. საკითხი განსაკუთრებით მწვავედ მაშინ დგება, როდესაც საკვლევი საპრობლემო არე მოიცავს „ცოცხალ კომპონენტსაც“, მაგალითად კოდექსებით შეიარაღებულ იურისტებს, რომელთაც ძალუბთ ფრიად თავისებური ინტერპრეტაციით განმარტონ ერთი შეხედვით მკაცრად ფორმულირებული ესა თუ ის იურიდიული ნორმა.

საერთოდ, პოლისემიურობა ნებისმიერი ენისათვის ისედაც დამახასიათებელი მოვლენაა და აქტორთა მიერ ამ ფაქტორის ნებისთ თუ უნებლიეთ გამოყენებას უარყოფითი შედეგების მოტანა შეუძლია ერთ-ერთი ან ორივე მხარისთვისაც კი.

დავუბრუნდეთ მათემატიკური ამოცანების წამოჭრა-გადაწყვეტის პრობლემატიკას, რომელიც მრავალ სასწავლო-მეთოდური სახის ნაშრომშია წარმოდგენილი.

ვთვლით, რომ ამ საქმეში განსაკუთრებით დიდი ღვაწლი მიუძღვის ამერიკელ მეცნიერსა და პედაგოგ ჯორჯ პოიას. მან გამოაქვეყნა ისეთი ნაშრომები, რომლებიც ბესტსელერებად იქცა და მრავალ ენაზე ითარგმნა [3-5].

გარდა მათემატიკურისა, მეცნიერი ამ შრომებში ყურადღებას ამახვილებდა პრობლემის ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიკურ ასპექტებზეც, კერძოდ მას მიზნად ჰქონდა დასახული ეჩვენებინა, როგორი უნდა იყოს ამოცანების ამოხსნის ზოგადი მეთოდიკა.

პოიას ერთ-ერთი ასეთი, მაგრამ განსაკუთრებით გამორჩეული წიგნი გახლავთ „როგორ ამოვხსნათ ამოცანა“.

მეცნიერს მიაჩნია, რომ მოსწავლეები ლოგიკურ-თან ერთად უნდა დაეუფლონ ევრისტიკული აზროვნების ჩვევებსაც და ის გვთავაზობს ამ იდეის რეალიზაციის უზრუნველყოფ კონკრეტულ ინსტრუმენტსაც. ეს არის მკვლევრის მიერ დეტალურად გაწერილი, ცხრილის სახით წარმოდგენილი რეკომენდაცია რჩევების სახით, რომელსაც თან ერთვის “აზრზე მომყვანი” შეკითხვებიც.

უნდა აღინიშნოს, რომ პოიას მიერ განხილული მაგალითები მეტწილად სასკოლო მათემატიკის კურსიდან არის მოტანილი, თუმცა, იმდროინდელი ამერიკის (ესაა გასული საუკუნის 1940–1950-იანი წლები) სკოლებში მიღებული სწავლების სტილისაგან განსხვავებით, პოია უპირატესობას ანიჭებს დედუქციურ მეთოდს, ამასთან მეცნიერი მათემატიკას, როგორც დისციპლინას აღიქვამს ხედვის სხვა კუთხიდანაც – მას წარმოგვიდგენს არა როგორც მკაცრ, უზუსტეს ლოგიკურ-ევკლიდურ დისციპლინად, რასაც აქამდე ვიყავით მიჩვეულნი, არამედ ექსპერიმენტულ-ევრისტიკული სახის ისეთ დარგად, რომლის მეთოდების შექმნაში თითქოს წიგნის წაკითხვის პროცესშივე ვერთვებით!

ცხადია, მათემატიკის სწავლებისას ტრადიციული, დედუქციური მეთოდის გარდა პედაგოგები განიხილავდნენ და მოსწავლეებს აცნობდნენ ინდუქციურ ასპექტსაც. მაგრამ სწავლებაში მაგისტრალური მიმართულება გულისხმობდა, სახელმძღვანელოთა ავტორებს და პედაგოგებს ეს საგანი მოსწავლესთვის წარედგინათ მზამზარეული, უკვე კარ-

გად დამუშავებული მეთოდებისა და ინსტრუმენტების არსენალის როლში.

სწორედ პოია იყო ის პირველი მეცნიერი, რომელმაც მკითხველი შეიპატიჟა ამ დისციპლინის *სახელმძღვანელოთა სამზარეულოში* იმის საჩვენებლად, თუ როგორ მზადდება, მოვიშველიოთ მეცნიერის მიერ ნათქვამი სიტყვები – *მათემატიკური ნამცხვარი*.

პოია მათემატიკით დაინტერესებულ ახალგაზრდებს ასე მიმართავს:

“რა თქმა უნდა, ჩვენ შევისწავლით (თეორემების) დამტკიცებებს, მაგრამ ასევე შევისწავლით მიხვედრის ხელოვნებასაც”.

პოია ცდილობს მკითხველი გაარკვიოს არა მხოლოდ იმაში, თუ როგორი ხერხებით, რა გზებით უნდა ამოიხსნას მის წინ მდგარი რომელიმე კონკრეტული ამოცანა, არამედ დაანახოს მას ძიების პროცესის არსი და ასწავლოს, როგორ წარიმართოს იგი.

სწავლების პროცესისადმი პოიას მიდგომა ახლოსაა იმ კონცეფციასთან, რომელზე დაყრდნობით საბჭოთა კავშირში ჯერ კიდევ 1930-იანი წლებიდან გამოიცემოდა სახალისოდ წოდებული სხვადასხვა დარგის სახელმძღვანელო და ჟურნალი, როგორებიცაა, მაგალითად, „სახალისო მათემატიკა“, „სახალისო ფიზიკა“, „სახალისო ქიმია“, „სახალისო ლინგვისტიკა“ და სხვა. ისინი, ძირითადად, ახალგაზრდობის მისაზიდად იყო განკუთვნილი, თუმცა ასაკობრივად უფრო ფართო ფენის ინტერესითაც სარგებლობდა.

დღეს გაცილებით ფართო შესაძლებლობებია ასეთი სახელმძღვანელოების გავრცელება-პოპულარიზაციისათვის მათთვის ელექტრონულ-ინტერაქტიური ფორმის მიცემით, საიტებზე განთავსებით და, რაც მთავარია, ახალგაზრდობისათვის დამხმარე სახელმ-

ძღვანელობად მიწოდებით. ამასთან, გაცილებით ადვილდება კონკურსების ჩატარება, ნიჭიერი ბავშვების გამოვლენა მთელი ქვეყნის მასშტაბით და მათი დაჯილდოება-წახალისება.

აქ კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი მოქმედებს. პოია წერს, რომ უამრავ ადამიანს ებადება სურვილი, სიხარულის გრძნობა განიცადოს მის მიერ მიღწეული თუნდაც მცირე აღმოჩენით. სწორედ ადამიანის ამ „სისუსტეს“ იყენებენ მასმედიის საშუალებები, როდესაც პროფილური სტატიების გვერდით აქვეყნებენ კროსვორდებს და ათასგვარი სახის თავსატეხებს.

ჩვენი გათვლა ასეთია: თუკი უამრავი ადამიანი სწორედ ამ საქმიანობაზე „ფუჟად“ ხარჯავს დროს, მით უფრო აზრი ექნებოდა მათთვის სახალისო ფორმით მიგვეწოდებინა ინფორმაცია იმ მეთოდებისა და ინსტრუმენტების შესახებ, რომელიც მათ დაეხმარებოდა როგორც სკოლებსა და უნივერსიტეტებში სწავლის პროცესში, ისე შემდგომ, მეცნიერული კვლევებისას და/ან უბრალოდ ცხოვრებაში მათ წინაშე წამოჭრილი ამოცანების გადასაწყვეტად.

ამასთან, პოია განმარტავს, რომ მოსწავლისათვის მზამზარეული მასალის ლექციის სახით, მაგალითად, პითაგორას თეორემის მიწოდებაზე, არანაკლებ და, შესაძლოა, კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი იყოს ამოცანის ფორმირებამდე ასეთი საკითხის დასმა:

„შეიძლება კი მართკუთხა სამკუთხედში გამოთვლილ იქნეს ჰიპოტენუზის სიგრძე კათეტების სიგრძეების მიხედვით?“

რადგან პითაგორას თეორემას შევხებით, უპრიანია ვახსენოთ, რომ კლასიკურის გარდა, რომელსაც მოსწავლეები სკოლაში ეცნობიან, ჯერ კიდევ თვით პითაგორას დროიდან მოყოლებული ამ თეორემის

დამტკიცების მრავალი სხვა გზაც გამოიძებნა (დღეისათვის 400-მდე). საინტერესოა, რომ თვით ლეონარდო და ვინჩიმაც კი შემოგვთავაზა ერთ-ერთი მათგანი. გადმოცემით, სწორედ ამ თეორემის დამტკიცების ახალი გზის პოვნა ითვლებოდა სავალდებულოდ პითაგორიანელთა სკოლაში მისაღებად.

შვენიშნავთ, რომ ურიგო არ იქნებოდა ჩვენშიც შექმნილიყო ასეთი ონლაინ-სკოლა (და მასში ჩარიცხვაზე იმ შემთხვევაშიც არ გვეთქვა უარი მოსწავლისათვის, თუ მისი „აღმოჩენა“ რომელიმე არსებულს დაემთხვეოდა).

პოიას თავის წიგნში მოჰყავს „საკითხის შემოტრიალების“ მაგალითი. მთავარი ისაა, რომ მათთან გაცნობისას გვეუფლება აზრი, რომ ამოცანის სწორად დასმა მისი სანახევროდ გადაწყვეტაა, რასაც არ ასწავლიან სკოლაში. ამასთან, პოია გვასწავლის, რომ ჰიპოთეზამდე, რომელიც დამტკიცებას საჭიროებს, მივყავართ არა მათემატიკას, არამედ საბუნებისმეტყველო დარგებისათვის კარგად ნაცნობ არსენალს: დაკვირვებებს, ანალოგიებს, „ჯანსაღ აზრს“, ინტუიციას, „ღვთიურ ნაპერწკალს“.

მართალია, ამ ინსტრუმენტების განთავსება მათემატიკური კარადის თაროებზე ვერ ხერხდება, მაგრამ, პოიას მტკიცებით, გარკვეული გაგარჯიშების შემდეგ ნებისმიერ დარგში მომუშავე სპეციალისტი მათი მომარჯვებით შეძლებს მნიშვნელოვან წარმატებებს მიაღწიოს.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ პოიას აქცენტი გადააქვს მსჯელობათა იმგვარად ორგანიზების შესწავლაზე, რომელიც საბოლოო ჯამში უზრუნველყოფს მთავარი მიზნის მიღწევას – შევიძინოთ თეორემების ჩამოყალიბებისა და მათი მკაცრად დამტკიცების უნარი.

ძირითადი ნაწილი

სტატიის ამ ნაწილში, ჩვენ მიერ შემუშავებულ ზოგიერთ რეკომენდაციაზე დაყრდნობით, წარმოვადგენთ ზოგიერთი პრაქტიკული სახის ამოცანის დაყენება-გადაწყვეტის მაგალითებს.

ევრისტიკული ალგორითმი

შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის

განვიხილოთ ამოცანები, რომლებშიც მოითხოვება N რაოდენობის ობიექტის ურთიერთგანლაგების ყველა შესაძლო შემთხვევიდან ამოირჩეს ისეთი, რომელიც მოცემული მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალურ მნიშვნელობას იძლევა.

დისკრეტული მათემატიკის სფეროს კუთვნილი ასეთი ამოცანებისათვის ოპტიმალური ამოხსნის პოვნა ძალიან ხშირად დიდ დროს საჭიროებს ობიექტების არცთუ დიდი N რიცხვისათვის, ზემოთ განხილული შტოებისა და საზღვრების ეფექტიანი მეთოდით და თანამედროვე კომპიუტერების შესაძლებლობით სარგებლობის შემთხვევაშიც კი.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გარკვეული ფაქტორებიდან გამომდინარე, მრავალი პრაქტიკული სახის ამოცანისათვის ნაკლებად რელევანტურია მკაცრად ოპტიმალური ამონახსნის ძიება. საკვებით შესაძლებელია გამოთვლების დროის რამდენიმე რიგით შემცირება, თუ მოვახდენთ იმავე შტოებისა და საზღვრების მეთოდის მოდიფიცირებას, ევრისტიკული სახის ალგორითმად გადაქცევის გზით.

ამრიგად, კლასიკური მეთოდისაგან განსხვავებით, რომელიც ორიენტირებულია ზუსტი ოპტიმალური მნიშვნელობის გამოთვლაზე, ჩვენ მიერ შემო-

თავაზებული მიდგომა იყენებს ევრისტიკის ელემენტებს.

საერთოდ, პრაქტიკული სახის ამოცანების ამოხსნენლად სპეციალისტები დიდი ხანია წარმატებით მიმართავენ ევრისტიკულ, ასე ვთქვათ, „ჭკუასთან ახლომყოფ“ არჩევანზე დაფუძნებულ ალგორითმებს. მართალია, ასეთი მიდგომა, როგორც წესი, არ იძლევა მკაცრად ოპტიმალურ ამონახსნებს, მაგრამ პრაქტიკაში ისინი გაცილებით უკეთესია, ვიდრე შემთხვევითობის წესით გენერირებული რომელიმე კომბინაციის არჩევსას მიღებული.

სიახლე კი ჩვენს შემოთავაზებაში ის არის, რომ ევრისტიკულ მიდგომას ვიყენებთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის, ამასთან ამ უკანასკნელისათვის დამახასიათებელი თავისებურების გათვალისწინებით. კერძოდ, რადგან გამოთვლების დროის რადიკალურად შემცირების მიზნით უარს ვამბობთ მიზნობრივი ფუნქციისათვის გარანტირებულად ოპტიმალური მნიშვნელობის პოვნაზე, ვცვლით, განშტოების ხის შუალედურ პოზიციებზე ყოფნისას, გადაწყვეტილების მიღების სტრატეგიას:

მოცემული პოზიციისათვის გამოთვლილი ქვედა შეფასების გაანალიზებისას ქვების მოჭრა და უფრო პერსპექტიული ვარიანტების განხილვაზე გადასვლა ხდება არა მხოლოდ მაშინ, როდესაც აშკარაა, რომ მიმდინარე გზის გაგრძელება სასურველ შედეგს ვერ მოიტანს, არამედ მაშინაც, როდესაც მოცემულ ეტაპზე ქვედა შეფასების მნიშვნელობა წინასწარ დათქმულ სიდიდეზე უფრო მეტად არ განსხვავდება მიზნობრივი ფუნქციის მიმდინარე რეკორდული მაჩვენებლისაგან.

ასეთი გადაწყვეტილების მიღება გამოთვლის დროის მნიშვნელოვან ეკონომიას განაპირობებს,

თუმცა გამორიცხული არ არის ზუსტი ოპტიმალური შედეგი ვერც მივიღოთ. მიდგომის არსი მოკლედ ასეც შეიძლება განიხილოთ:

გამოთვლების ყოველ ეტაპზე ისმება კითხვა – ღირს კი უკეთესი შედეგების მისაღებად ძიების გაგრძელება და გათვლებზე მეტი დროის დახარჯვა, თუ უმჯობესია ეს დრო გამოყენებულ იქნეს ვარიანტების ხის მორიგი შტოს პერსპექტიულობის შესამოწმებლად?

მოდულიზირებული მეთოდის არსი განვიხილოთ ერთ მწკრივად განლაგებული ერთგანზომილებიანი ობიექტის ოპტიმალური განლაგების მოძიების ამოცანის მაგალითზე [6], რომლისთვისაც გათვლის დროის შესამცირებლად შემოთავაზებულია ამონახსნის პოვნის ევრისტიკული ხერხი.

ამოცანის დასმა. მოცემულია f_j სიგრძის მქონე ობიექტების სიმრავლე, რომლებიც განლაგებულია რაიმე წრფის (საკოორდინატო ღერძის, მაგისტრალის) გასწვრივ (ობიექტების როლში შეიძლება მოგვევლინოს ფაილები, შენობები, ელექტრონული ელემენტები):

$$F = \{f_j\}, j = 1, 2, \dots, m.$$

ობიექტებს შორის ურთიერთმიმართვის სიხშირეები წარმოდგენილია კვადრატული მატრიცის სახით, რომლის თითოეული a_{ij} ელემენტი აღნიშნავს f_i ობიექტიდან f_j -ზე გადასვლის რიცხვს.

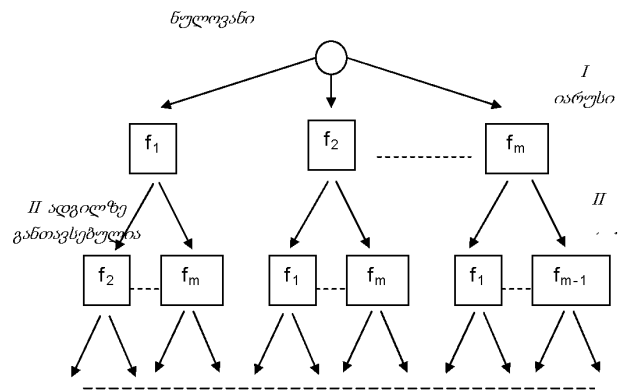
მოითხოვება, ობიექტების ყველა შესაძლო $m!$ რაოდენობის განლაგებიდან ამოირჩეს ვარიანტი, რომლისათვისაც ობიექტიდან ობიექტზე გადასვლაზე დახარჯული ჯამური დრო მინიმალურ მნიშვნელობას მიიღებს. იგულისხმება, რომ ერთი

ობიექტიდან ნებისმიერ სხვაზე გადასვლის დრო მათ შორის მანძილის პირდაპირპროპორციულია.

ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე, ობიექტების ურთიერთგანლაგების განსახილველი ვარიანტების რიცხვი ორჯერ შეიძლება შევამციროთ, რადგან, ცხადია, რომ სარკული განლაგებაც იმავე შედეგს იძლევა, რასაც პირდაპირი. დასაშვებია აგრეთვე ორ ობიექტს შორის a_{ij} და a_{ji} მიმართვების წარმოდგენა r_i ჯამური სახით.

ამ ამოცანების გადასაწყვეტად ვიყენებთ შტოებისა და საზღვრების მეთოდს, რომელიც ობიექტების სიმრავლის ქვესიმრავლეებად (კომპლექსებად) დეკომპოზიციას ახდენს და მათზე დაყრდნობით – ვარიანტების ქვეკლასის პერსპექტიულობის შეფასებას [7, 8].

ქვემოთ გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ობიექტების ყველა შესაძლო განლაგების ფორმირების სტრატეგია:



ვხედავთ, რომ პირველიდან დაწყებული ყოველ მომდევნოზე ხდება წინა ეტაპებზე დაუმაგრებელი ობიექტების თანდათანობითი მიბმა.

ამრიგად, თავდაპირველი m სიმრავლე $F = \{f_j\}$, $j = 1, 2, \dots$ ყოველ ეტაპზე, გარდა ბოლოსი, იყოფა ორი – დამაგრებელი და დაუმაგრებელი ობიექტების ქვესიმრავლეად.

შემდგომ პროცესი ასე წარიმართება:

1. გამოთვლების თითოეულ ბიჯზე ერთ-ერთი ობიექტი ფიქსირდება – ხდება ე. წ. წამყვანი;
2. გამოითვლება წამყვანი ობიექტის სხვა ობიექტზე გადასვლაზე დახარჯული მანძილის და, შესაბამისად, დროის იმ წილის გამოთვლა, რომელიც შეიტანება მიზნობრივ ფუნქციაში. ამასთან ერთად, დამაგრებული ობიექტებისათვის ცხადია, რომ ეს წილი ზუსტად განისაზღვრება, ხოლო დაუმაგრებლებისათვის გამოითვლება ამ წილის ქვედა შეფასების მნიშვნელობა.

ზემოთ აღწერილი მიდგომის კონკრეტული რეალიზაციები, ცხადია, ერთმანეთისგან მნიშვნელოვნად განსხვავებული შეიძლება იყოს. კერძოდ, ზემოთ მოყვანილი განშტოების სტრატეგიის ნაცვლად, ქვედა შეფასებათა უფრო ეფექტურად გამოთვლის მიზნით, ერთ-ერთ ნაშრომში შემოთავაზებულია ამგვარი მიდგომა – ობიექტების დამაგრება მოხდეს არა ერთმანეთის მიყოლებით, არამედ კიდურ ადგილებზე რიგრიგობით და თანამიმდევრულად ანუ შემდეგი წესით [8]:

$$1, m, 2, m-1, 3, m-2, \dots$$

ასეთი გადაწყვეტილება, თავისთავად ცხადია, გავლენას ახდენს კომპლექსებში დამაგრებული და დაუმაგრებელი ობიექტების ურთიერთგანლაგებასა და, შესაბამისად, გამოთვლების ალგორითმის სტრუქტურაზეც.

ამრიგად, მოცემულია კომპლექსად წოდებული რაიმე ობიექტების სიმრავლე

$$A = \{f_j\}, j = 1, 2, \dots, m.$$

ამ სიმრავლეში ერთ-ერთი ელემენტი ფიქსირდება ე. წ. წამყვანად და აღინიშნება f_0 სიმბოლოთი. გარდა ამისა, თითოეულისათვის მოიცემა სიგრძე l_j და წამყვანისადმი მიმართვის სიხშირე r_j .

ამოცანის ამოხსნისათვის წაყენებულია პირობა – ობიექტები წრფის გასწვრივ ისე განლაგდეს, რომ თითოეულიდან წამყვანამდე გადასვლის ჯამურმა მანძილმა მიიღოს მინიმალური მნიშვნელობა:

$$\sum r_j (f_j, f_0) = \min.$$

ვარიანტების გადათვლის პროცესში f_0 წამყვანი ობიექტი შესაძლებელია მოხვდეს ხან ადგილზე დამაგრებული, ხან კი ჯერ კიდევ დაუმაგრებელი ფაილების კომპლექსში და, ამის მიხედვით, თვითონაც შესაბამისი თვისება შეიძინოს.

პირველ შემთხვევაში კომპლექსის მიერ მიზნობრივ ფუნქციაში შეტანილი წვლილი ზუსტად გამოითვლება, ამასთან დაუმაგრებელი ობიექტების კომპლექსში მათი ადგილმონაცვლეობით შესაძლებელი ხდება ობიექტების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

მეორე შემთხვევაში მიზნობრივ ფუნქციაში შეტანილი კომპლექსის წვლილის გამოსათვლელად მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ქვედა შეფასების ხერხი. ამასთან, ვარიანტების განშტოებისათვის ზემოთ შერჩეული სტრატეგია შესაძლებელს ხდის კომპლექსის წვლილის ქვედა შეფასება გაიზარდოს შემდეგი გზებით:

- დაუმაგრებელი ობიექტების კომპლექსში გათვალისწინებულ იქნეს წამყვანთან კავშირის არმქონე ობიექტებიც;
- კომპლექსში ჩაერთოს წამყვანი ობიექტისადმი მიმართვის შემდეგ რიგში მყოფი ობიექტიც.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შესაძლებელია ზემოთ მოყვანილი ამოცანის გადაწყვეტის დრო კიდევ მეტად შემცირდეს ისეთი გადაწყვეტილების მიღებით, როცა უარი ითქმება მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალური მნიშვნელობის მიღებაზე და დავკმაყოფილებით კვაზიოპტიმალური შედეგით წინასწარ განსაზღვრული შესაძლო ცდომილების ფარგლებში. ასეთი გადაწყვეტილების მიღების შემთხვევაში ვარიანტების განხილვა-უკუგდებისას ქვეზე მოიჭრება არა მხოლოდ მაშინ, როდესაც ქვედა შეფასების სიდიდე აჭარბებს მოცემული მომენტისათვის დაფიქსირებულ რეკორდულ მაჩვენებელს მიზნობრივი ფუნქციისათვის, არამედ მაშინაც, როდესაც ქვედა შეფასების სიდიდე რამდენადმე უკეთესია აღნიშნულ რეკორდულ მაჩვენებელზე, მაგრამ ქვეზე ვარიანტების პერსპექტიულობის შემოწმება და, შესაბამისად, დროის დახარჯვა ნაკლებად მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ძიების გაგრძელების შემთხვევაში თუნდაც მოიტანოს მკაცრად ოპტიმალური შედეგი.

7 ქულის მეთოდი

ზემოთ განვიხილეთ ამოცანა, რომლის გადასაწყვეტად მეთოდის შემუშავება „სუფთა“ მათემატიკური აპარატისადმი მიმართვის პარალელურად მოითხოვს ამ აპარატთან სიმბიოზში ე. წ. „ჯანსაღ აზრზე“ დაფუძნებული ევრისტიკული მიდგომის გამო-

ყენებასაც. ამასთან, ჩანს, რომ პრიორიტეტი პირველ მდგენელს ეძლევა.

სტატიის ამ მონაკვეთში კი განიხილება ისეთი პრობლემური სიტუაციები, რომელთა აღმწერი მოდელის შესაქმნელად მათემატიკური აპარატის გამოყენება ან საერთოდ ვერ ხერხდება, ან შესაძლებელია (რაც ყოველთვის მისასალმებელია) ამოცანის ამოხსნის მხოლოდ ცალკეულ ეტაპებზე.

ბუნებრივია, რომ მეცნიერები ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში დაინტერესდნენ ასეთი სიტუაციების შესწავლა-ანალიზით და ამ მიზნით შექმნეს მეცნიერების მთელი დარგი – ლოგიკა.

სტატიაში განიხილება ისევ ლოგიკაზე დაფუძნებული თანამედროვე მიდგომები ასეთი სახის პრობლემური საკითხების გადასაწყვეტად, რომელთა შორის ამჯერად გამოვარჩევთ დელფოსისა და დე ბონოს ექვსი ქულის მეთოდებს,

აღვნიშნავთ, რომ თითოეული მათგანი პოპულარობით სარგებლობს მკვლევართა საკმაოდ ფართო წრეებში (შევნიშნავთ, რომ, სამწუხაროდ, ჩვენში ნაკლებად), რაც განაპირობა იმ ფაქტმა, რომ ამ მეთოდებმა არაერთხელ დაამტკიცა თავისი ეფექტიანობა.

დელფოსისა და დე ბონოს ექვსი ქულის მეთოდების არსში ჩაწვდომა არცთუ რთული საქმეა. ამასთან, მათ შესახებ უამრავი სტატიაა გამოქვეყნებული ინტერნეტში. შევნიშნავთ, რომ ერთ-ერთი მათგანი ჩვენც გვეკუთვნის [9]. სტატიის ფორმატიდან გამომდინარე, მათ აღწერაზე აღარ შევჩერდებით და გავმარტავთ ჩვენი ინტერესის საგანს და დასახულ მიზანს:

თავდაპირველად აღვნიშნავთ, რომ, როგორც ხშირად ხდება ხოლმე, თითოეულს ამ მეთოდთაგან

ღირსების პარალელურად ახასიათებს გარკვეული ნაკლიც.

ჩვენი მიზანი გახლავთ, შევქმნათ და ინტერნეტში განვითავოთ ინტერაქტიური სახის ისეთი კომპიუტერული პროგრამა, რომელშიც შენარჩუნებული იქნება ორივე მეთოდის ღირსება და ამავე დროს გამოირიცხება მათთვის დამახასიათებელი ნაკლოვანი მხარეებიც.

გარდა აღნიშნული მეთოდების სიმბიოზისა, უშუალოდ 6 ქულის მეთოდისათვის ვითვალისწინებთ ასეთი სიახლის შემოღებასაც (პარაგრაფის სათაურში სრულიად გამიზნულად გვიწერია, რომ საქმე გვექნება არა 6, არამედ 7 ქულის მეთოდთან), კერძოდ:

დე ბონოს მიერ აუცილებლად მიჩნეული თეთრი, ლურჯი, წითელი, ყვითელი, მწვანე და შავი ქულების არსენალს ვამდიდრებთ კიდევ ერთი – **უჩინმაჩინის** ქულით. ამ ქულის ქვეშ მოქცეული ექსპერტი საერთოდ არ უნდა ჩანდეს არენაზე (უკეთესიც კი იქნება, თუ დისკუსიის მონაწილეებს მისი არსებობის თაობაზე არაფერი ეცოდინებათ!).

უჩინმაჩინ ექსპერტს ევალემა თითოეული იდეის, ობიექტის თუ სუბიექტის შესახებ მსჯელობისას შეაფასოს დისკუსიის თითოეული მონაწილის მიერ გამოთქმული ყოველი მოსაზრება და განხილვის ბოლოს თითოეული მათგანის შესახებ მზად ჰქონდეს როგორც ჯამური, ისე „ქულების“ ჭრილში წარმოდგენილი შეფასება. ამ შეფასებას “უჩინმაჩინი” მიაწვდის დისკუსიის ორგანიზატორებს, რომლებიც, როგორც წესი, არიან პრობლემის გადაწყვეტით დაინტერესებული მთავრობის ან კომპანიის წარ-

მომადგენლები. ამასთან, ვთვლით, რომ აჯობებს ეს ოფიციალური პირები უშუალოდ არ ჩაებნენ საკითხის განხილვის პროცესში, ხოლო თავიანთი მოსაზრებები მთავარ ლურჯქუდოსანს მიაწოდონ დისკუსიის დასაწყისში, შემდგომ ეტაპებზე კი – პერიოდულად და ინკოგნიტოდ.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული და გაანალიზებულია გადაწყვეტილების მიღების საკითხები ორი ტიპის ამოცანისათვის: 1. მათთვის, რომლებიც ადვილად ექვემდებარება მათემატიკურად ფორმულირებას, მაგრამ ხასიათდება ე. წ. *განზომილებათა წყევლით*, ასევე, იმ შემთხვევაში, როდესაც რეალური სიტუაციის წარმოდგენა მათემატიკური მოდელის სახით ფაქტობრივად შეუძლებელია. პირველი სახის ამოცანებისათვის შემოთავაზებულია, რომ შტოებისა და საზღვრების მეთოდისათვის ოპტიმალურის ამონახსნის ძიების ნაცვლად გამოყენებულ იქნეს მისაღები ევრისტიკული სახის მიდგომა; 2. მეორე ტიპის ამოცანების გადასაწყვეტად განხილულია ობიექტის, სუბიექტის, იდეის შესწავლა-განსჯისათვის სპეციალურად შემუშავებულ მეთოდები (გონებრივი იერიშის, დელფოსის, დე ბონოს 6 ქულის და სხვა). მათ ბაზაზე შემუშავებულია კომბინირებული ვარიანტის კონცეფცია. ამასთან, 6 ქულის მეთოდში დამატებულია მე-7 ქულიც და დასაბუთებულია ამ გადაწყვეტილების მართებულობა.

დასასრულ, აღნიშნული კონცეფციის პრაქტიკული რეალიზებისათვის გათვალისწინებულია ინტერაქტიური პროგრამის შექმნა.

ლიტერატურა

1. URL: <https://www.astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=20191024190057> (in Russian).
2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Branch_and_bound
3. URL: <https://math.hawaii.edu/home/pdf/putnam/PolyaHowToSolveIt.pdf>
4. Polya G. Mathematics and plausible reasoning. Princeton University Press. 1987.
5. Polya G. Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving. Combined edition. 1981.
6. URL: http://www.math.nsc.ru/AP/benchmarks/UFLP/uflp_bb.html (in Russian).
7. Gendel E.G., Levin N.A. Optimization of information processing technology for ACS problems. Moscow: "Statistics". 1977. (in Russian).
8. Gvinepadze G. Methods to increase the efficiency of information placement in direct access storage devices for ACS tasks. Kiev. 1982. (In Russian).
9. URL: http://gtu.ge/View/index.html#http://gtu.ge/book/monografiebi/G_Gvinepadze_shemoqmedebiTi_azrpvneba.pdf (in Georgian).

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Methods for improving decision-making efficiency

Gela Gvinepadze Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77
M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Tornike Shavishvili Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, 77
M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

Reviewers:

G. Chachanidze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

E. Kurtskhalia, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

Abstract. The article discusses decision-making issues for the tasks that can easily be mathematically formulated (however, which are characterized by the so-called curse of dimensionality) and for the tasks for which the creation of a mathematical model is almost impossible, and the resolution of a problem situation requires the coordination of different views on methods withdrawing it and choosing from them a reasonable option or developing a compromise. To solve both types of problems, the article considers and analyzes a number of modern methods, in particular, the branch and bound method is used for the tasks of the first group and proposed the modified version based on a heuristic approach to increase its effectiveness. And to solve those problematic problems that cannot be mathematized, a combination of Delphi methods and Six Thinking Hats (de Bono's 6 hats) methods is proposed, with added the 7th hat. Herewith an interactive computer program is implemented based on this concept.

Key words: Branch and bound method; computerization; Delphi method; 6 Hats method; 7 Hats method; their combination.

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1801

Методы повышения эффективности принятия решений

Гела Гвинепадзе Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Торнике Шавишвили Департамент автоматизированных систем управления, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

Рецензенты:

Г. Чачанидзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

Э. Курцхалия, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: kurcxalia.elguja@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы принятия решений как для задач, которые легко поддаются математическому формулированию (однако которые характеризуются т. н. проклятием размерности), а также – задач, для которых создание математической модели практически невозможно, разрешение проблемной ситуации требует согласования разных взглядов на способы ее снятия и выбора из них обоснованного варианта или разработки компромиссного. Для решения обоих типов задач в статье рассматриваются и анализируются ряд современных методов, в частности, для задач первой группы – метод ветвей и границ, для повышения эффективности которого авторами статьи предлагается его модифицированный вариант, основанный на эвристическом подходе. А для решения тех проблемных задач, которые не могут быть математизированы, предлагается комбинация методов Delphi и 6 шляп де Боно, дополняя «гардероб» 7-ой и на основе данной концепции реализация интерактивной компьютерной программы.

Ключевые слова: компьютеризация; метод границ и ветвей; метод Дельфи; метод 6 шляп, их комбинация; метод 7 шляп.

განხილვის თარიღი 13.11.2019

შემოსვლის თარიღი 04.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-94-100>

ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრების ტექნოლოგიის კვლევა

დემურ ტალახაძე	სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: d.talaxadze@gtu.ge
მიხეილ გამცემლიძე	გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ე. მინდელის 7 E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com
როინ ენაგელი	სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: enageli@mail.ru

რეცენზენტები:

ა. აბშილავა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

ზ. არაბიძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი, ემერიტუსი

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

ანოტაცია. ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრების ტექნოლოგიის კვლევა ჩატარდა ბექთაქარის საბადოს ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნებიდან აღებული სინჯებით, რაშიც ოქროს შემცველობა იყო 5,61 გ/ტ, ტყვიის – 1,65%, თუთიის – 2,43%. წინასწარი გამდიდრებისათვის, რომლის მიზანია საბოლოო კუდების გამოყოფა, მსხვილმარცვლოვანი სახით მასალა დაიმსხვრა +8 მმ, 8–3 მმ და 3–0 მმ ზომის კლასებად. +8 მმ კლასი გამდიდრდა მძიმე გარემოში (ფრაქციული ანალიზი) გამყოფი 2870 კგ/მ³ სიმკვრივით, ხოლო 8–3 მმ ზომის კლასი –

მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე. ცდების შედეგად დადგინდა, რომ +8მმ კლასის მძიმე გარემოში გამდიდრებისას მიღებულ კუდებში თუთიისა და ტყვიის შემცველობები მინიმალურია, მაგრამ მაღალია ოქროს შემცველობა და 1,5–1,7გ/ტ აღწევს. ამის გათვალისწინებით, +8 მმ კლასის წინასწარი გამდიდრება რეკომენდებული არ არის. 8–3 მმ კლასის მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე დალექვის შედეგად მიღებულ კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობები დაბალია და, შესაბამისად, Pb=0,24%, Zn=0,32% და Au=0,4 გ/ტ შეადგენს. ამრიგად, წინასწარ გამდიდრებაზე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა: 1. +8 მმ ზომის

კლასის წინასწარი გამდიდრება მიღებულ კუდებში, ოქროს მაღალი შემცველობის გამო, არაა რეკომენდებული; 2. 8–3 მმ ზომის კლასის მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე გამდიდრებით შესაძლებელია გამოიყოს 22,3% საბოლოო კუდები, ფასიანი კომპონენტების მინიმალური შემცველობით.

საკვანძო სიტყვები: ანალიზი; ბექთაქარის საბადო; გამდიდრება; დალექვის პროცესი; კუდები; მადანი; ოპტიმალური პარამეტრები; ოქროს შემცველი.

შესავალი

ბოლო წლებში მადნების გადამუშავების პროცესში დიდი ყურადღება ექცევა მის წინასწარ მომზადებას, რომლის მიზანია ძვირად ღირებული, საკუთრივ გამდიდრების ოპერაციის წინ მსხვილმარცვლოვანი ფორმით საერთო მასიდან გარკვეული რაოდენობის სასარგებლო კომპონენტების შემცველი პროდუქტიდან საბოლოო კუდების გამოყოფა. ამ შემთხვევაში მცირდება ძვირად ღირებულ ოპერაციებზე (დაფქვა, ფლოტაცია) მიწოდებული მასალის რაოდენობა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მადნის გადამუშავების საერთო ხარჯებს. ასეთ ოპერაციებს მიეკუთვნება: რადიომეტრული დახარისხება, არჩევითი დამსხვრევა, გაცხრილვა, დაფქვა, გრავიტაციული გამდიდრება, მშრალი მაგნიტური სეპარაცია.

ძირითადი ნაწილი

ბექთაქარის ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრებისათვის, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული №FR-18-3398 გრანტით გათვალისწინებული სამუშაოთა ფარგლებში, ბექთაქარის საბადოდან ამოღებულ იქნა 300კგ მახასიათებელი სინჯი, რომლის ნატეხის ზომა 250–0 მმ იყო.

ბექთაქარის საბადო მიეკუთვნება კოლჩედანურ-პოლიმეტალურ მადნებს ოქროს მაღალი შემცველობით. მადანში სასარგებლო კომპონენტების საშუალო შემცველობაა: Pb-1,5...1,8%; Zn-2,3...2,7%; Au-4,5...6,5გ/ტ. სპილენძის შემცველობა მადანში 0,14% არ აღემატება. ფაზური ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ ტყვიის 90% და თუთიის 88% არის სულფიდური სახით, ოქროს გარკვეული ნაწილი (15–20%) – თავისუფალი სახით, მადნის თანხმლები ფუჭი ქანი – სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე კვარცმინდვრის შპატისა და კვარც-მინდვრის შპატსერიციდის ქანებით.

ყველა მადნეული მინერალი ერთმანეთში წმინდათაა ჩაწინწკული. ბექთაქარის კოლჩედანურ-პოლიმეტალური მადნების სტრუქტურული თვისებებიდან გამომდინარე, მადნის წინასწარი გამდიდრებისათვის შეირჩა გრავიტაციული მეთოდი. კვლევებისათვის აღებული სინჯი დაიმსხვრა 60 მმ-მდე და გაიცხრილა 8–3 მმ-იან ცხრილებში. შესაბამისად, მიღებულ იქნა 60–8, 8–3 და 3–0 მმ ზომის კლასები. გაცხრილვის შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

დამსხვრეული მადნის საერთო ანალიზი

კლასები მმ	გამოსა- ვალი γ%	შემცველობა			ამოკრეფა,%		
		Pb,%	Zn,%	Au, გრ/ტნ	Pb	Zn	Au
60-8	51,7	1.78	2.47	5.61	48.28	46.23	47.78
8-3	35,2	1.89	2.83	5.92	34.92	36.07	34.40
3-0	13,1	2.45	3.73	8.26	16.80	17.70	17.82
60-0	100	1.9	2.76	6.07	100	100	100

60–8 კლასზე ჩატარდა ფრაქციული ანალიზი. რივით. ფრაქციული ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში. ანალიზისთვის მძიმე გარემოდ გამოყენებულ იქნა მულა მე-2 ცხრილში. ტულეს სიბრტე 3170კგ/მ³ მაქსიმალური სიმკვ-

60–8 მმ კლასის ფრაქციული ანალიზის შედეგები

ფრაქციის სიმკვრივე კგ/მ ³	გამოსავალი γ%		შემცველობა			ამოკრეფა,%		
	ოპერაც.	საერთო	Pb,%	Zn,%	Au, გრ/ტნ	Pb	Zn	Au
+3170	5,2	2,69	8,96	10,74	18,30	26,17	22,62	16,96
3170-2980	9,3	4,81	1,93	8,16	12,55	26,1	30,72	20,81
2980-2820	35,7	18,46	3,76	2,73	7,1	38,71	39,52	45,2
2820-2710	20,2	10,44	0,37	0,42	2,21	4,2	3,43	7,96
-2710	29,6	15,3	0,29	0,31	1,72	4,82	3,71	9,07
სულ	100	51,7	1,78	2,47	5,31	100	100	100

ფრაქციული ანალიზის შედეგების მიხედვით 2830 კგ/მ³. ამ შემთხვევაში მსუბუქი ფრაქციის გააიგო გამდიდრების მრუდები, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრა მსუბუქი ფრაქციის (კუდების) ტექნოლოგიური მაჩვენებლები. ჩვენს შემთხვევაში, გამყოფი ფრაქციის სიმკვრივედ აღებულ იქნა 0,32%, თუთიის (Zn) – 0,35%, ოქროს – 1,91გ/ტ. შესაბამისი ამოკრეფებია:

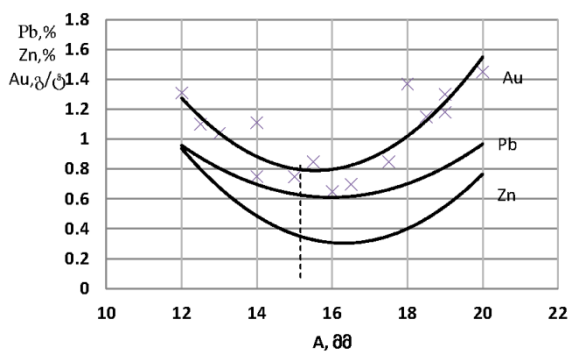
Pb-9,02%, Zn-7,14%, Au-17,03%. მიღებულ მსუბუქ ფრაქციაში (კუდებში) ტყვიისა და თუთიის შემცველობა და ამოკრეფა მინიმალურია. რაც შეეხება ოქროს, მისი შემცველობა და ამოკრეფა მაღალია და β -1,91გ/ტ, ε -17,03% შეადგენს.

ფრაქციული ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, 60-8 მმ კლასისათვის ფლოტაციური მეთოდით წინასწარი გამდიდრება რეკომენდებული არ არის.

წინასწარი გამდიდრების შესაძლებლობის დასადგენად ცდები ჩატარდა მოდერნიზირებული კონსტრუქციის მაღალი სიხშირის სალექ მანქანაზე (იხ. პატენტი № GE U 1962). მიღებული მონაცემების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შედეგად განისაზღვრა კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულება წყლის პულსაციის ამპლიტუდაზე A, ჩარჩოს რხევათა რიცხვსა n და სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების სიდიდეზე l. კერძოდ, კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას წყლის პულსაციის ამპლიტუდაზე A აქვს სახე:

$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 0.022A^2 - 0.701A + 6.212, \\ \theta_{Zn} &= 0.038A^2 - 1.192A + 10.06, \\ \theta_{Au} &= 0.034A^2 - 1.11A + 9.363. \end{aligned}$$

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია 1-ელ სურ-ზე.



სურ. 1

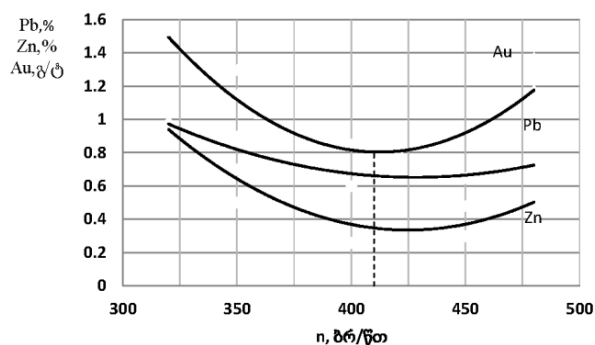
კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას სალექ მანქანაში წყლის პულსაციის სიხშირეზე n აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 3 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.023n + 5.649, \\ \theta_{Zn} &= 5 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.046n + 10.24, \\ \theta_{Au} &= 8 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.066n + 14.57. \end{aligned}$$

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია მე-2 სურ-ზე.

კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების სიდიდეზე l აქვს შემდეგი სახე:

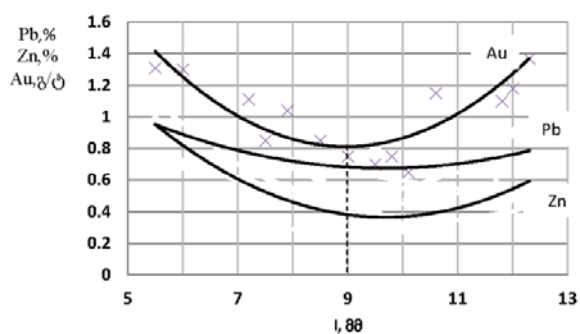
$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 0.015 \cdot l^2 - 0.307 \cdot l + 2.163, \\ \theta_{Zn} &= 0.033 \cdot l^2 - 0.648 \cdot l + 3.505, \\ \theta_{Au} &= 0.05 \cdot l^2 - 0.898 \cdot l + 4.843. \end{aligned}$$



სურ. 2

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია მე-3 სურ-ზე.

მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, დალექვის პროცესის სხვადასხვა ტექნოლოგიური პარამეტრის დროს განისაზღვრა წყლის პულსაციის ამპლიტუდის ოპტიმალური სიდიდე ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის A=15,5მმ (სურ. 1); სალექი მანქანის ჩარჩოს ოპტიმალური რხევათა რიცხვი ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის n=412ზრ/წთ (სურ.2); სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების ოპტიმალური სიდიდე ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის l=9მმ შეადგენს (სურ. 3).



სურ. 3

დადგენილი ოპტიმალური და (წყლის პულსაციის ამპლიტუდა – 15,5მმ, წყლის პულსაციის სიხშირე 412 – ბრ/წთ და მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილება – 9მმ) აღნიშნული ტექნოლოგიური პარამეტრებით დალექვის პროცესით 8–3 მმ კლასიდან საბოლოო კუდები შეიძლება მივიღოთ რაოდენობით 20–25% გამოსავლით ტყვის, თუთიისა და ოქროს შემცველობით: Pb=0,25–0,27%, Zn=0,3–0,35%, Au= 0,3–0,5გ/ტ.

დასკვნა

ამრიგად, ბექთაქარის ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნის წინასწარ გამდიდრებაზე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გამდიდრებას (საბოლოო კუდების მოცილებას) ექვემდებარება კლასი 8–3. რაც შეეხება 60–8 და 3–0 კლასებს, დალექვის შედეგად მიღებულ პროდუქტში მაღალია ოქროს შემცველობა – 1–1.5 გ/ტ, რის გამოც ამ მეთოდის გამოყენება არაა მიზანშეწონილი.

აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება №FR-18-3398) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები კვლევის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ლიტერატურა

1. Gamtseplidze M., Enageli R., Rukhadze T. et al. Method for diaphragm jig autocontrol. National Intellectual Property Center of Georgia "SAKPATENTI". GE U 1962, 03.12.2018. (in Georgian).
2. Tarasov A.V., Bocharov V.A. Combined technologies of nonferrous metallurgy. Moscow. Institute Gintsvetmet. 2001. (in Russian).
3. Tarasov A.V., Paretskii V. M. Newest technologies of “Gintsvetmet” in the field of nonferrous metals production and opportunities of their usage in the world. Proceedings of conference metallurgy East-West’97. High Tatras. 1997, 32–36 pp. (in Russian).

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

Study of a pre-enrichment technology for gold-containing polymetallic ores

Demur Talakhadze Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: d.talaxadze@gtu.ge

Mikheil Gamtsemlidze G.Tsulukidze Mining Institute, 7 E. Mindeli str, 0186 Tbilisi, Georgia

E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com

Roin Enageli Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com

Reviewers:

A. Abshilava, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

Z. Arabidze, Emeritus, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

Abstract. The article presents the results of research of the gold-containing polymetallic ores pre-enrichment technology. The samples were taken from gold-containing polymetallic ores of the Bektakari deposit. In the sample the gold content was 5.61 g / t, the lead - 1.65% and the zinc - 2.43%. The material was crushed into +8 mm, 8-3 mm and 3-0 mm classes for large-grain pre-enrichment in order to pre-separate the cleaner tailings. The +8 mm class was enriched in a heavy medium (fractional analysis) with a separating density of 2870 kg/m³, and the 8-3 mm class - on a modernized jigging machine. Tests have shown that zinc and lead contents in the tails obtained during the enrichment of +8 mm class in a hard medium are minimal, but gold content is high and reaches 1.5-1.7 g/t. With this in mind, the pre-enrichment of the +8mm class is not recommended. In the tails obtained in the result of jigging of 8-3mm class on a modernized jigging machine, the lead, zinc and gold contents are low, and reach Pb = 0.24%, Zn = 0.32% and Au = 0.4 g/t, respectively. Thus, based on pre-enrichment studies, it was found that: 1. Pre-enrichment of the +8 mm class is not recommended due to the high content of gold in the tails; 2. By enrichment of the 8-3 mm class on a modernized jigging machine, 22.3% of the cleaner tailings with a low grade can be separated.

Key words: Analysis; Bektakari deposit; enrichability; gold-containing; jigging process; optimal parameters; ore; tails.

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

Исследование технологии предварительного обогащения золотосодержащих полиметаллических руд

Демур Талахадзе	Департамент горных технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: d.talaxadze@gtu.ge
Михаил Гамтсемлидзе	Горный институт им. Г. Цулукидзе, Грузия, 0186, Тбилиси, ул. Миндели, 7 E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com
Роин Энагели	Департамент горных технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: enageli@mail.ru

Рецензенты:

А. Абшилава, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

З. Арабидзе, профессор эмеритус горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

Аннотация. В статье приведены результаты исследований технологии предварительного обогащения золотосодержащих полиметаллических руд. Для исследований взяты пробы из золотосодержащих полиметаллических руд Бектакарского месторождения. В пробе содержание золота было 5,61 гр/т, свинца 1,65%, цинка 2,43%. Для предварительного обогащения в крупнокусковом виде (целью которого являлось предварительное выделение окончательных хвостов) проба руды измельчена и разделена на классы +8мм, 8-3мм и 3-0мм. Класс крупностью +8мм обогащен в тяжелой среде (фракционный анализ) с плотностью разделения 2870 кг/м³, а класс крупностью 8-3мм обогащен на модернизированной отсадочной машине. На основе данных опытов установлено, что при обогащении в тяжелой среде класса крупности +8 мм, в полученных хвостах содержание цинка и свинца минимальны, а содержание золота высокое и достигает 1,5-1,7 гр/т. Поэтому предварительное обогащение класса крупностью +8 мм не рекомендуется. В результате обогащения класса 8-3 мм на модернизированной отсадочной машине содержание свинца, цинка и золота низкое и соответственно составляет Pb=0,24%, Zn=0,32% и Au=0,4 гр/т. Таким образом, на основе проведенных исследований установлено: 1. Из-за высокого содержания золота в хвостах предварительное обогащение класса крупности +8 мм не рекомендуется. 2. При обогащении класса крупностью 8-3 мм на модернизированной отсадочной машине возможно выделение 22,3% окончательных хвостов с минимальным содержанием ценных компонентов.

Ключевые слова: анализ; бектакарское месторождение; руда; золотосодержащий; обогатимость; процесс отсадки; оптимальные параметры; хвосты.

განხილვის თარიღი 24.10.2019

შემოსვლის თარიღი 28.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 536.423.4

SCOPUS CODE 2208

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-101-105>

Dependence of the minimum charge of particle of induction charging on the electric field in the model condenser of an electric separator

Aleksandre Gorgoshidze Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, 75, M. Kostava Str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: alexgorgoshidze@gmail.com

Zurab Chachkhiani Department of Engineering Physics, Georgian Technical University, 75, M. Kostava Str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: zura_chachkhiani@mail.ru

Reviewers:

P. Kervalishvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: kerval@globalerty.ru

Z. Jabua, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: z.jabua@hotmail.com

Abstract. This article deals with the method of mineral particles separation according to their electric conductivity. This process was carried out in the model condenser by induction charging and dependence of the minimum charge of the particles breaking away from the charging electrode on the electric field strength was studied.

Comparison of obtained results with the theoretical calculation shows that, from the three forces – adhesion, gravity and electrical acting on the particles, adhesion force, acting between the particles and electrode, can be neglected in case the minimum charge of the particle breaking away from the electrode, because the particles in this case have no time to change the orientation.

Key words: Adhesion force; depolarization; electrical separation; minimum charge; orientation of particles.

Introduction

Recently, a strong electric field is widely used in technological processes among methods of mineral reaching, in particular in electron-ionic technology (EIT).

EIT processes are widely applied in electric separators, where particles separation takes place according to different physical properties. Among these, particles separation according to electric conductivity during their induction charging, is very often used [1]

Efficiency of electric separation is related to determination of forces arising during induction charging. To analyze processes taking place on the electrode charging the electric separator during induction charging, it is better to view particles charging and forces acting on them in a uniform field of a plane condenser and generalize obtained results for a real electric separator.

Main part

The balance of the forces acting on the particles in a uniform field can be written as follows:

$$F_{el} - F_{gr} - F_{ad} = 0$$

Where F_{el} - electric force, F_{gr} - gravity force, F_{ad} - particle adhesion force with electrode.

Electric force acting on particles is defined as a force arisen by acting of bound charges, formed as a result of particles polarization in an electric field, which reaches its peak at the beginning of charging, also by action of free charges. After polarization, formed free charges interact with own reflection and because of this total force acting on particles is calculated as follows:

$$F_z = \pi b c \epsilon_0 E^2 \left[\frac{0,5(\epsilon_1 - 1)^2(1 - I)}{K^2} + \frac{d_a \epsilon_1^2 - (d_a - I)\epsilon_1 + (1 - I)}{K^2} \cdot \beta + \frac{0,5 d_a^2 (\epsilon_1^2 - 1) + d_a - 0,5 I}{K^2} \cdot \beta^2 \right],$$

Where F_z - force acting along the vertical axis

b, c – semiaxes of particle equivalent to ellipsoid

ϵ_0 - dielectric constant

E – electric field strength

K, β and I are defined as follows:

$$K = 1 + (\epsilon_1 - 1)d_a, \beta = \frac{q_{fr}}{\pi b c \epsilon_0 E}, I = \frac{1}{\pi b c} \int_{S_1} \cos^3 \theta d_s,$$

Where d_a – depolarization coefficient

S_1 – particle surface area excluding area of particle contact surface with electrode

Gravity is defined as follows:

$$F_g = mg = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot a_{hel} \cdot b_{hel} \cdot c_{hel} \cdot \gamma_p \cdot g$$

Where γ_p - particle density

g – gravitational acceleration

$a_{hel} \cdot b_{hel} \cdot c_{hel}$ - semiaxes of ellipsoid equivalent to particle volume

Assuming that adhesion force is zero, then particle breaks away from charging electrode with its minimum free charge magnitude.

One of the important issues is to determine along which semiaxle particle lies on the electrode. In the initial stage the particle lies on the electrode in the most likely, comfortable and stable position. This is with a minor semiaxle along the field vector [fig. 1].

With this orientation particle perimeters are: $a_{hel} = 2c_{hel}$, $b_{hel} = a_{el}$, $c_{hel} = b_{hel}$. The coefficients are determined according to these data:

$$\beta = \frac{b_{hel}}{a_{hel}}, \gamma = \frac{c_{hel}}{a_{hel}}.$$

Coefficient of depolarization d_a is determined by means of these coefficients.

Later on, while charging particles, shape of which is not strictly symmetric, it is under the action of rotating moment. Because of this, it begins rotation and orientates with its major semiaxle along the vector of an electric field (Fig.1c). This phenomenon is confirmed both visually and by distribution of the particles breaking away probability function [3]. Accordingly, particle can break away from the electrode during any position shown on fig.1.

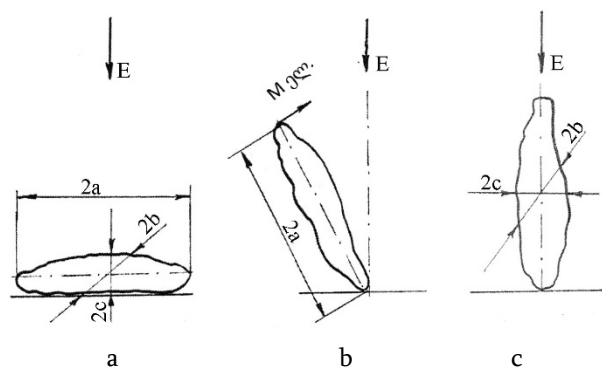


Fig. 1. Orientation of the particle positioned on the electrode in the electric field

To determine coefficient I analytically it is necessary to turn real semiellipsoid into rotating spheroid i. e. into spheroid. This requires $b_{hel} = c_{hel} = \sqrt[2]{b_{el} \cdot c_{el}}$. At this time, the main determining parameter magnitude value of the main semiaxle directed along the field is retained, but the change of the two others by their average geometric values for real particle, gives 3-4% error.

Accordng to the obtained specific parameters points, it is possible to determine theoretically minimum charge magnitude for a particle breaking away from charging electrode.

Such measurements were practically carried out as follows: from conducting fraction of rutile was selected the three groups of particles. Each of which contained 10 particles about of one size-minor, mean and large. Average radius of each group was calculated as equivalent radius to sphere as follows $a_{(eq\ sp)} = \sqrt[3]{(a_{el}) \cdot b_{el} \cdot c_{el}}$. Particle average magnitude in each group fluctuates within 7-8%. Ten particles of one of the groups were placed into the central part of the flat condenser charging electrode. Experiments were carried out in five series i.e. initial number of particles was 50. When high voltage was supplied, particles after being charged

broke out from the lower electrode directing to the upper electrode.

As the surface of upper electrode was covered with a thin layer of insulation, charged particles stuck and stayed on them. We removed them by the use of a thin plate and put into charge measuring electrometer.

Minimum measured charge values for one of the groups of the particles, in case of different field strength values, are given on fig.2. Their theoretical values for different orientation of particles are also given (Fig.1_a and Fig.1_c). The same results were obtained for the rest of particles.

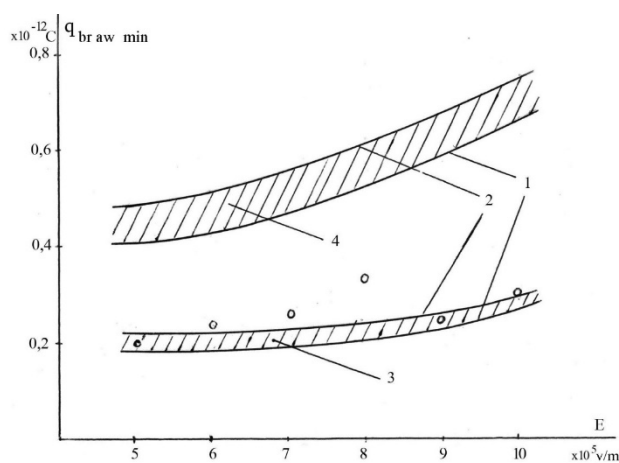


Fig. 2 Dependence of minimum charges of particles on the voltage of electric field

3-particle oriented along the least semiaxle

4-particle oriented along the largest semiaxle

Rutile $a_{el} = 106 \mu\text{m}$, $b_{el} = 72 \mu\text{m}$, $c_{el} = 54 \mu\text{m}$, $a_{eq\ sp} = 74 \mu\text{m}$, $\gamma_p = 4,25 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,

$$1-\varepsilon_1 = 31, 2-\varepsilon_2 = 173$$

Considering that dielectric permeability of the rutile was unknown, calculation was carried out according to literary data.

Conclusion

In compliance with the obtained data, it is possible to conclude:

1. The minimum charge magnitude of the particles broken away from the electrode increases with the increase of the field strength
2. Breaking away from the charging electrode, particles with the minimum charge do not have time to change orientation and they break away from them with the semiaxle in the oriented position
3. Considering the experimental data of the minimum charge the adhesion force acting on the particle, as compared with the both gravity and electric forces, can be neglected.

References

1. Olofinski N.F. Electrical methods in mineral processing. M.: “Nedra”. 1977. (in Russian).
2. Vereshchagin I.P., Krivov S.A., Morozov V.S. Electric force acting on a particle at an electrode. The proceedings of the USSR Academy of Sciences, Energetics and Transport. Moscow. 1984, 127-135 pp. (in Russian).
3. Gorgoshidze A., Chachkhiani Z. Analysis of the charge of particles and distribution function of charging time. “Ganatleba”. 2018, 165-170 pp. (in Georgian).

UDC 517

SCOPUS CODE 2208

ელექტროსეპარატორის მოდელურ კონდენსატორში ინდუქციური დამუხტვის მინიმალური მუხტის დამოკიდებულება ელექტრულ ველზე

ალექსანდრე გორგოშიძე ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: alexgorgoshidze@gmail.com

ზურაბ ჩაჩხიანი საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: zura_chachxiani@mail.ru

რეცენზენტები:

პ. კერვალიშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: kerval@globalerty.ru

ზ. ჯაბუა, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: z.jabua@hotmail.com

ანოტაცია. ბრტყელი კონდენსატორის ერთგვაროვან ელექტრულ ველში მიმდინარეობს მინერალური ნაწილაკების ინდუქციური დამუხტვის პროცესი. ნაწილაკებზე მოქმედ ძალთა ბალანსიდან უგულებელყოფილია ადჰეზიის ძალა და თეორიული გაანგარიშების საფუძველზე ნაწილაკების მიერ მიღებულია მინიმალური მუხტის ის მნიშვნელობა, რომელიც აკმაყოფილებს დამუხტავი ელექტროდიდან მათი მოწყვეტის პირობას.

არასფერული ნაწილაკების ელექტროდზე ორიენტაციის ორი უკიდურესი შესაძლებლობა და მიღებული შედეგები შედარებულია ექსპერიმენტით მიღებულ მონაცემებთან.

საკვანძო სიტყვები: ადჰეზიის ძალა; დეპოლარიზაცია; ელექტროსეპარაცია; მინიმალური მუხტი; ნაწილაკების ორიენტაცია.

UDC 517

SCOPUS CODE 2208

Зависимость минимального заряда отрывающихся частиц от зарядного электрода модельного конденсатора электросепаратора от напряженности электрического поля

Александр Горгошидзе Департамент электротехники и электроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: alexgorgoshidze@gmail.com

Зураб Чачхиани Департамент инженерной физики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: zura_chachxiani@mail.ru

Рецензенты:

П. Кервалишвили, доктор физико-математических наук, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: kerval@globalerty.ru

З. Джабуа, доктор технических наук, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: z.jabua@hotmail.com

Аннотация. В работе происходит индукционная зарядка минеральных частиц в однородном электрическом поле плоского конденсатора. Из баланса сил, действующих на частице, не учитывается сила адгезии и на основе теоретических расчетов получены те минимальные значения зарядов частиц, которые удовлетворяют условия их отрыва от зарядного электрода. При расчете учитываются два крайних положения: нахождение несферических частиц на зарядном электроде и полученные значения минимального заряда, отрывающегося частиц от электрода, сопоставляются соответствующие их экспериментальным значениям.

Ключевые слова: деполяризация; минимальный заряд; ориентация частицы; сила адгезии; электросепарация.

The date of review 03.12.2019

The date of submission 04.12.2019

Signed for publishing 26.03.2020

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-106-114>

ავტომატიზებული სისტემის ვერიფიკაციის პრობლემების დისტანციურად აღმოჩენის გზები

სალომე ონიანი კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: s.oniani@gtu.ge

ია მოსაშვილი კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

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

E-mail: ketino27@gmail.com

ლ. იაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: l.iashvili@gtu.ge

ანოტაცია. დღეს ინდუსტრიის სფეროში მეტად აქტუალურია დისტანციურად მონიტორინგისა და რეალური დროის სისტემების მცირე და საშუალო ზომის საწარმოებში დანერგვა-განვითარება. შესაბამისად, განხილულია დისტანციურად მონიტორინგის ტექნოლოგიები და მეთოდები, წარმოდგენილია ციფრული მანქანა-დანადგარების მუშაობის პროცესის გრაფიკული ასახვა, შექმნილია რეალურ დროში სისტემის დისტანციურად მონიტორინგისათვის ღრუბლოვანი პლატფორმა და წარმოდგენილია ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგები. კვლევის შედეგად მიიღება მანქანა-დანადგარის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარ-

დაქმნის ალგორითმი და მისი მათემატიკური მოდელები. დამატებით, ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგად შეიქმნა მანქანა-დანადგარის საბაზისო ხარვეზების ბაზა და დადგინდა მათი მახასიათებლები. აღნიშნული კვლევა დაეხმარება მცირე და საშუალო ზომის საწარმოების მფლობელებსა და ტექნიკურ პერსონალს, რათა მარტივად განახორციელონ საწარმოო ხაზებში ინდუსტრია 4.0 ინტეგრირება.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატიზებული სისტემის ვერიფიკაციის პრობლემები; დისტანციურად მონიტორინგის სისტემები; სამრეწველო რეალური დროის სისტემები.

შესავალი

ზოგადად, ვერიფიკაციის პრობლემებიდან გამომდინარე იკვეთება სამი სახის ამოცანა [3]:

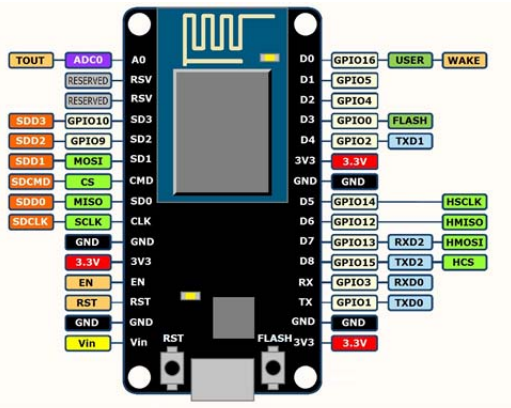
1. ტექნიკური ვერიფიკაციის ამოცანა, სადაც სისტემაში შესაძლებელია მოხდეს მექანიკური ხარვეზი, რომელშიც იგულისხმება სამრეწველო ამწყობ ხაზებში განლაგებული მანქანა-დანადგარების მექანიკური გაფუჭება. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს ცვეთისაგან, ვიბრაციისა და მცირე რაოდენობის ენერჯის მიწოდებისგან, ხოლო ჰიდრავლიკურ და პნევმატიკურ სისტემებში – სითხისა და აირის მიწოდებისაგან. შესაბამისად, წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია, ტექნიკური ვერიფიკაციის გამოყენებით, საწარმოო ხაზში ტექნიკური ხარვეზის აღმოჩენა და მისი გამომწვევი მიზეზის პოვნა;
2. პროგრამული ვერიფიკაციის ამოცანა. ამ შემთხვევაში საუბარია პროგრამული ხარვეზების აღმოჩენასა და მისი გადაჭრის გზების მოძიებაზე ანუ ისეთი პრობლემების აღმოჩენა, რომელთა გამოსწორება შესაძლებელია პროგრამულად გარკვეული სიგნალების სისტემის შესასვლელში გაგზავნით. მაგალითად, როგორც არის სისტემისათვის გადატვირთვის სიგნალის გაგზავნა ან პნევმატიკურ სისტემაში დგუშის ხელოვნურად საწყის პოზიციაში დაბრუნება. ასეთი ვერიფიკაცია ეფუძნება შემავალი სიგნალების მდგომარეობის ანალიზს და სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის შესაბამისი ალგორითმებით დამუშავებას;
3. ტექნიკური და პროგრამული ვერიფიკაციის

კომბინაცია. ვერიფიკაციის ეს ეტაპი მეტად რთულია და ხასიათდება პრობლემის აღმოფხვრისათვის საჭირო დროის დიდი ინტერვალით. ასეთ შემთხვევებში გამოიყენება როგორც პირველი, ისე მეორე ვერიფიკაციის მეთოდები.

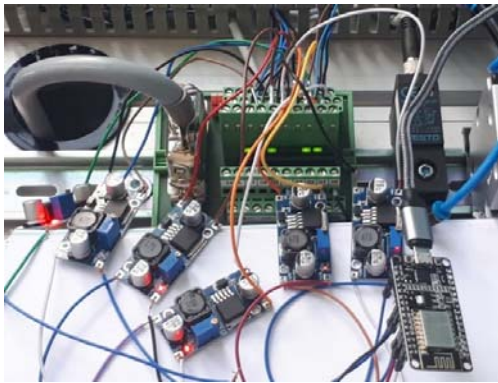
სამივე ვერიფიკაციის მეთოდს სისტემის მუშაობის პროცესში აქვს განსხვავებული შემავალი სიგნალები, რომელთა იდენტიფიკაცია განხორციელდა ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე. სადისერტაციო კვლევის, „სამრეწველო ჩაშენებული სისტემების ვერიფიკაციის ამოცანა რეალურ დროში“, ამ ეტაპზე წარმოდგენილი ნაშრომი მოიცავს სამრეწველო სისტემაში ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მიღებული შესაძლო სისტემური ხარვეზების ბაზას, რომლის მომდევნო ეტაპია ხარვეზების ბაზაში შესული შეცდომების გამოსწორების ინსტრუქციის შექმნა და ახალი შესაძლო ხარვეზების აღმოჩენა. კვლევაში გამოყენებულია Festo didactic-ის სასწავლო ლაბორატორიული ამწყობი ხაზი [1], რომელიც მოიცავს სამ დანადგარს (მანაწილებელი, ადებისა და განთავსების, დახარისხების სადგური). კვლევა არ ითვალისწინებს ზოგად კონცეფციებს. ასევე, ექსპერიმენტული კვლევისათვის შეიქმნა დისტანციურად მონიტორინგის სისტემა და განხორციელდა ერთ-ერთი დანადგარის მუშაობის პროცესის გრაფიკულად გამოსახვა. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შემუშავებული სისტემა ასევე წარმატებით ინტეგრირდება ისეთ ქარხნებში, სადაც ძველი ტექნიკა და სურთ განახორციელონ საწარმოს მუშაობის დისტანციურად მონიტორინგი.

ძირითადი ნაწილი

დისტანციურად მონიტორინგისათვის კვლევაში გამოყენებულია ESP8266 NodeMCU პროგრამირებადი დაფა (სურ. 1), რომლის GPIO პინები მიერთებულია ზემოთ განხილული სადგურების შემავალ-გამომავალ ბლოკზე (სურ. 2), რის შემდეგაც შესაძლებელი ხდება სადგურებში მიმდინარე პროცესის შესაბამისი შემავალი სიგნალების რეალურ დროში დისტანციურად მონიტორინგი.



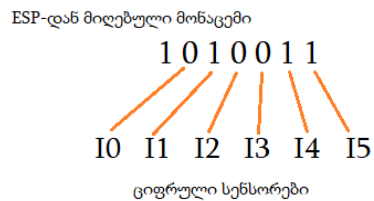
სურ. 1. ESP8266 NodeMCU დაფა



სურ. 2. ESP-ს PLC-ის შემავალ-გამომავალ ბლოკზე მიერთება

გამომდინარე იქიდან, რომ საკვლევი სადგურები მუშაობს ციფრულ სიგნალებზე, მათი მუშაობის პროცესის გრაფიკულად ასახვისათვის შემუშავებულია ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნა-

ლად გარდაქმნის მეთოდი და დაიწერა შესაბამისი პროგრამული კოდი. შემუშავებული მეთოდი ვიზუალურად წარმოდგენილია მე-3 სურათზე, სადაც პირველი თანრიგი განსაზღვრავს სადგურის ნომერს, ხოლო დარჩენილი თანრიგები შეესაბამება სადგურში შემავალი სიგნალების რაოდენობასა და თანამიმდევრობას. მიღებული ანალოგური სიგნალის მნიშვნელობა კი დამოკიდებულია ციფრული სენსორების მდგომარეობაზე.



სურ. 3. ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა

მანაწილებელი სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

მანაწილებელი სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭეშმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I124.0	1100000
I1	I124.1	1010000
I2	I124.2	1001000
I3	I124.3	1000100
I4	I124.4	1000010
I5	I124.5	1000001

აღებისა და განთავსების სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2 ნის ალგორითმის ფრაგმენტი (ერთი ციფრული სენსორისათვის):

აღებისა და განთავსების სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭეშმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I0.0	21000000
I1	I0.1	20100000
I2	I0.2	20010000
I3	I0.3	20001000
I4	I0.4	20000100
I5	I0.5	20000010
I6	I0.5	20000001

დახარისხების სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

დახარისხების სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭეშმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I0.0	3100000
I1	I0.1	3010000
I2	I0.2	3001000
I3	I0.3	3000100
I4	I0.4	3000010
I5	I0.5	3000001

ზემოთ წარმოდგენილი ცხრილების საფუძველზე შემუშავდა მონაცემთა წაკითხვისა და სენსორებიდან მიღებული სიგნალების გაერთიანების ალგორითმი, რომელიც უზრუნველყოფს თითოეული სენსორიდან ინფორმაციის წაკითხვას და ერთ ანალოგურ სიგნალად გაერთიანებას (ალგორითმი 1).

ალგორითმი 1. ციფრული სენსორებიდან მიღებული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმ-

```

if(digitalRead(I0)==0 and allow0==0 )
allow0 = 1;
if(allow0 == 1){
dataFromSensors +=100000;
allow0 = 2;
}
if(allow0 == 2 and digitalRead(I0)==1 ){
dataFromSensors -=100000;
allow0 = 0;
}
    
```

წარმოდგენილი ალგორითმის ზოგადი სახე ნებისმიერი მანქანა-დანადგარისა და ნებისმიერი რაოდენობის ციფრული სენსორისათვის გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$S = M + \sum_{i=1}^n (S_n \times 10^{n-1}),$$

სადაც S არის სერვერისათვის გადასაცემი რიცხვითი მნიშვნელობა; M – მანქანის ნომერი; S_n – ციფრული სენსორიდან მიღებული სიგნალის მდგომარეობა. n ∈ N განსაზღვრავს ციფრულსიგნალებიანი საწარმოო მანქანის სენსორების რაოდენობას.

დისტანციურად smartasp.com სერვერის ბაზაზე მონიტორინგისათვის აიწყო სერვერი, რომელიც დაიწერა C# ბაზაზე. ამ დროისათვის სერვერი იყენებს ფაილურ სისტემას და მიღებული მონაცემები იწერება Json ფაილში. სერვერი იძლევა გრაფზე მონაცემების განახლების ინტერვალის ერთ წამამდე შემცირებისა და გრაფის სასურველ ფორმატში წარმოდგენის საშუალებას (სურ. 4).

სერვერზე მიღებული მონაცემების მიხედვით რეალურ დროში იგება სადგურის მუშაობის პრო-

ცესის ამსახველი გრაფი. პირველ გრაფზე წარმოდგენილია სადგურის სრულყოფილად მუშაობის ამსახველი პროცესი (სურ. 5).

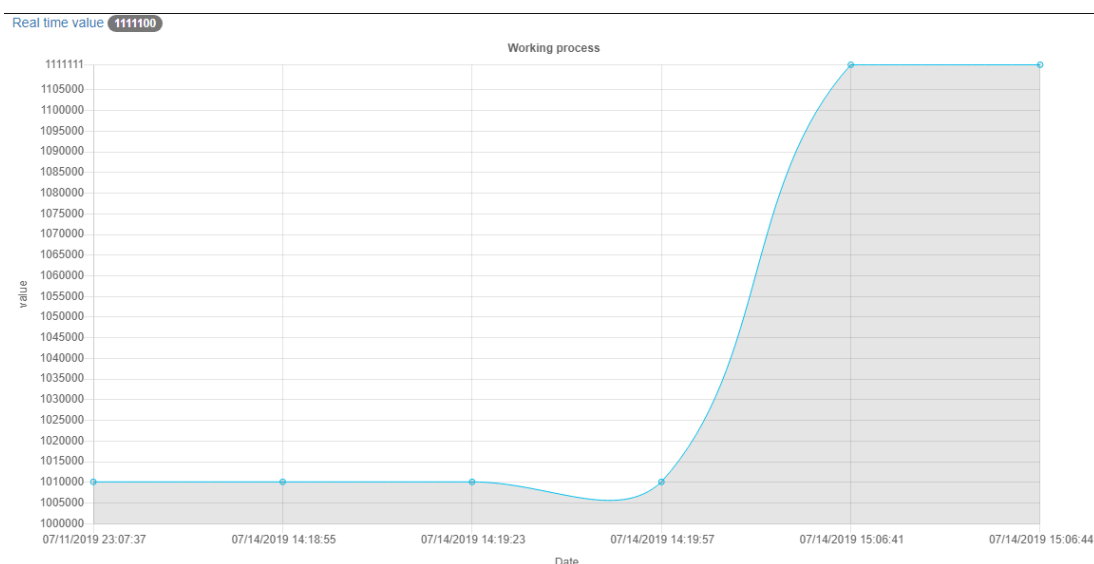
ექსპერიმენტების შედეგად გამოვლინდა შემდეგი საბაზისო ხარვეზები:

1. პროცესის შენელება, რომელიც გამოწვეულია სისტემისათვის ნაკლები ბარი წნევის მიწოდებით. ზოგადად, მანაწილებელი სადგური გამართულად მუშაობს პნევმატიკურ სისტემაში 4 ბარი წნევის გამოყენებით [2]. იმ შემთხვევაში, თუ წნევა 4 ბარზე ნაკლებია, მისი მუშაობა გაცილებით ნელია და პნევმატიკური დგუშები ძნელად გადაადგილდება. მე-6 სურათზე მოცემულია ამ შემთხვევაში სისტემის პროცესის ამსახველი გრაფი (სურათი 6).
2. დგუშის მოძრაობის დაუსრულებლობა. ამ შემთხვევაში სადგურში მიწოდებული ობიექტის ზომები აღემატებოდა საწყობიდან გასასვლელი არის ზომებს. შესაბამისად, დგუში ვერ ახორციელებს ობიექტის საწყობიდან გა-

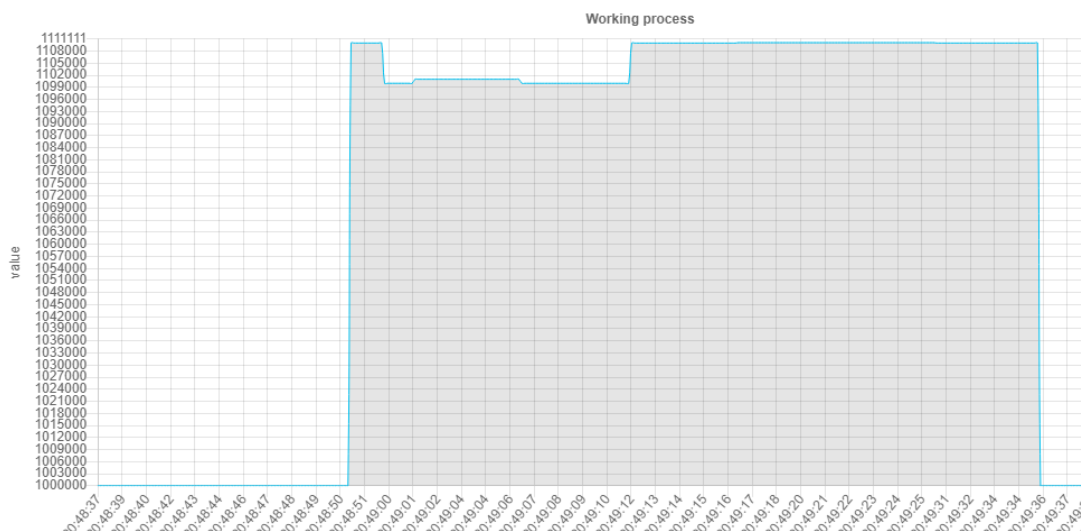
ტანას. აღნიშნული პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-7 სურათზე.

3. ძელის მოძრაობის დაყოვნება ის შემთხვევაა, როდესაც ვერტიკალურმა ძელმა ვერ განახორციელა მობრუნება და შესაბამის დროში ვერ მივიდა გადასატან ობიექტამდე. ექსპერიმენტის დროს მისი გამომწვევი მიზეზი იყო პროგრამული გაუმართაობა, რომლის დროსაც ძელის ორივე სარქველს მიეწოდებოდა მაღალი სიგნალი. პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-8 სურათზე.

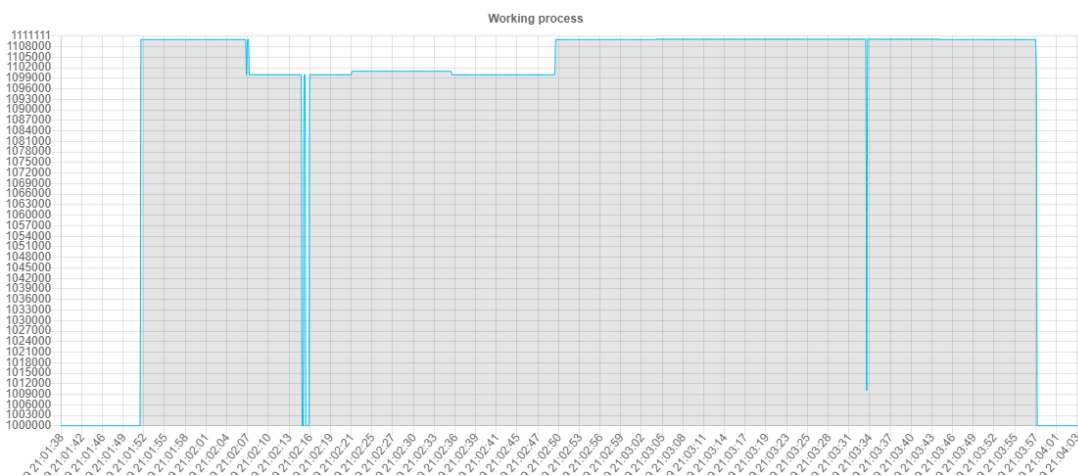
ობიექტის გადატანისას მისი დავარდნა. ეს შემთხვევა გამოვლინდა მაშინ, როდესაც მანაწილებელ სადგურს მიეწოდა მძიმე ობიექტი, რომლის წონა არ იყო გათვლილი ვაკუუმის დგუშის სიმძლავრისათვის. გადაზიდვის დროს ვაკუუმის სარქველმა ვერ შეძლო მისი დამაგრება და ობიექტი ჩამოვარდა, ვიდრე დანიშნულების ადგილამდე მივიდოდა. წარმოდგენილი პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-9 სურათზე



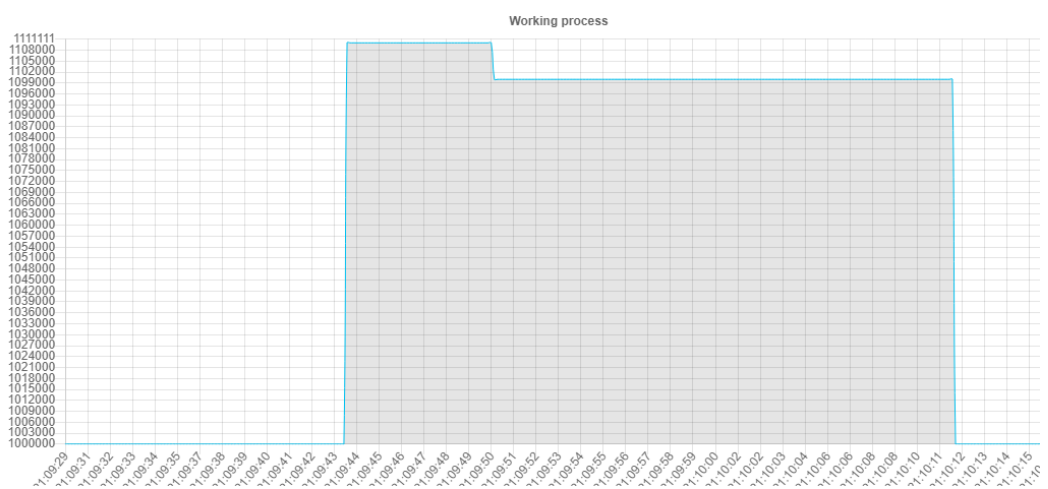
სურ. 4. smartasp.com-ზე აწყობილი ვირტუალური სერვერი



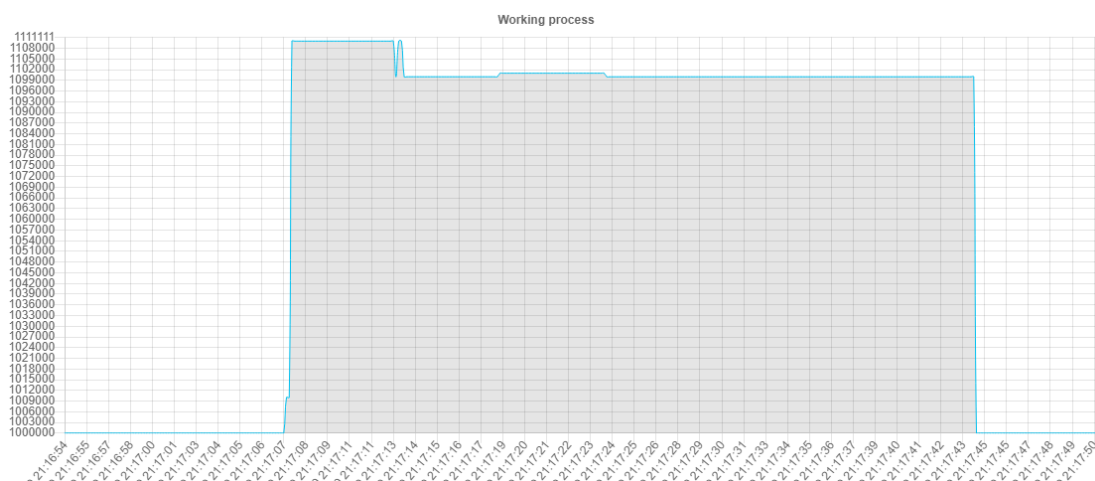
სურ. 5. მანაწილებელი სადგურის გამართულად მუშაობის ამსახველი გრაფი



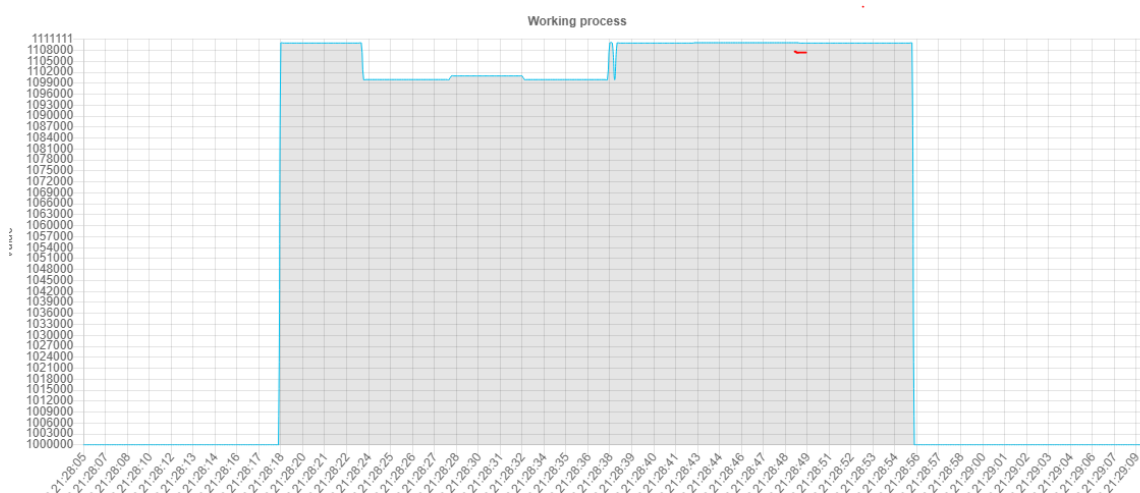
სურ. 6. მანაწილებელი სადგურის შენელებულად მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 7. დეგუმის მოპრაობის ბლოკირებისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 8. ძელის მობრუნების ბლოკირებისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 9. ობიექტის დაკარგვისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი

დასკვნა

ჩატარებული ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგად გამოვლინდა, რომ კვლევაში გამოყენებული მანაწილებელი სადგურის მუშაობისას შესაძლებელია განხორციელდეს ოთხი საბაზისო ხარვეზი, როგორც არის: მანაწილებელი სადგურის შენელებული მუშაობა, ჰორიზონტალურად მოძრავი დეგუმის

ბლოკირება, ძელის მობრუნების ბლოკირება და ობიექტის გადატანისას მისი ჩამოვარდნა. შესაბამისად, ნაშრომში წარმოდგენილია აღნიშნული ხარვეზების დისტანციურად მონიტორინგის სისტემა და მათი მუშაობის გრაფიკული ასახვა, რის საფუძველზეც დადგინდა ხარვეზების გამომწვევი მიზეზები და მათი აღმოფხვრის სავარაუდო გზები.

ლიტერატურა

1. Oniani S., Mosashvili I. Monitoring systems of industrial process and control algorithm. Collection of scientific papers. GTU works. Tbilisi. 2019 (in Georgian).
 2. URL: <http://www.msalah.com/PCL/Appendix%20B.pdf>
 3. Sheridan T.B. Extending three existing models to analysis of trust in automation: Signal detection, statistical parameter estimation, and model-based control. Human factors. 2019.
-

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

Remote detection of automated system verification

Salome Oniani Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: s.oniani@gtu.ge

Ia Mosashvili Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

Reviewers:

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

L. Iashvili, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: l.iashvili@gtu.ge

Abstract. The implementation and development of remote monitoring and real-time systems in small and medium enterprises are very popular in the industry at the present. Accordingly, the present paper discusses remote monitoring technologies and methods, provides a graphical representation of the workflow of digital machines, designing a cloud platform for real-time remote monitoring of the system, and presents the results of experimental work. The results of the research are the algorithm for converting digital signals into one analogue signal and its mathematical model. Also, the data base of faults of the industrial machine was established based on the experimental work and their characteristics were determined. This will help owners of small and medium-sized enterprises and technical staff easily to integrate Industry 4.0 into their production lines.

Key words: Automated system verification problems; industrial real-time systems; remote monitoring systems.

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

Способы удаленного обнаружения проблем автоматической проверки системы

Саломе Ониани Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: s.oniani@gtu.ge

Иа Мосашвили Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

Рецензенты:

К. Котрикадзе, ассоц. профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: ketino27@gmail.com

Л. Яшвили, ассоц. профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: l.iashvili@gtu.ge

Аннотация. Сегодня внедрение и развитие систем удаленного мониторинга и реального времени на малых и средних предприятиях очень популярно в отрасли. Соответственно, в настоящей статье рассматриваются технологии и методы удаленного мониторинга, графическое представление рабочего процесса цифровых машин, проектируется облачная платформа для дистанционного мониторинга системы в реальном времени и представлены результаты экспериментальной работы. Результатом исследования являются алгоритм преобразования цифровых сигналов в один аналоговый сигнал и его математическая модель. Также на основании экспериментальных работ была создана база данных неисправностей промышленной машины и определены их характеристики. Это поможет владельцам малых и средних предприятий и техническому персоналу легко интегрировать Industry 4.0 в свои производственные линии.

Ключевые слова: проблемы автоматической проверки системы; промышленные системы реального времени; системы удаленного мониторинга.

განხილვის თარიღი 22.11.2019

შემოსვლის თარიღი 04.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-115-123>

ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის ფორმირების პროცესის ანალიზი

ალექსანდრე
შერმაზანაშვილი

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69

E-mail: shermazanashvilia@gmail.com

ჯემალ შარაშენიძე

ფერდინანდ თავაძის სახ. მეტალურგიის და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი, ლითონური მასალების წნევით დამუშავების ლაბორატორია, საქართველო, 0186, თბილისი, მინდელის 10

E-mail: jemalsha@mail.ru

სლავა მებონია

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69

E-mail: slavamebonia@gmail.com

რეცენზენტები:

ზ. ლომსაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

ს. იაშვილი, რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომელი, აკადემიური დოქტორი

E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

ანოტაცია. ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის ფორმირების პროცესში დადგინდა მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. რთული ფორმის ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავება ლითონსაჭრელ ჩარხებზე არაეკონომიურია და დაკავშირებულია ლითონის მნიშვნელოვან დანაკარგებთან ბურბუ-

შელას სახით. დადგენილია, რომ აღნიშნული დეტალების დამუშავებისათვის ყველაზე ხელსაყრელია რადიალური ჭედვის მეთოდის გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: რადიალური მოჭიმვა; რადიალურ-საჭედი მანქანა; სპირალური შლიცები; ღერძსიმეტრიული დეტალი.

შესავალი

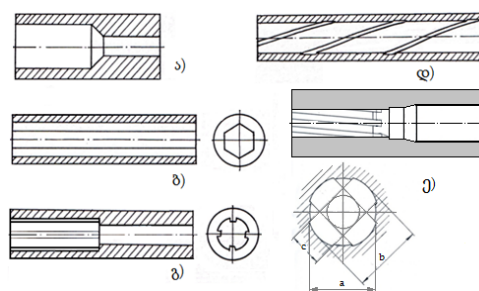
რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის მქონე ღერძსიმეტრიული ნაკეთობები ფართოდ გამოიყენება როგორც მანქანათმშენებლობაში, ისე საიარალო წარმოებაში [1-3]. ზომაგრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების მრავალრიცხოვან ჯგუფს შიგა ზედაპირის რთული კონფიგურაცია აქვს, რომელიც, თავის მხრივ, შემდეგ ქვეჯგუფებად იყოფა (სურ. 1):

ა) ღერძსიმეტრიული დეტალები შიგასაფეხურიანი პროფილით, მათ შორის გარდამავალი მილისებო, ნიპელები და საფეხურიანი ქურობები (სურ. 1, ა);

ბ) ღერძსიმეტრიული დეტალები მუდმივი განივკვეთის შიგა პროფილით; ამ ქვეჯგუფის ტიპური წარმომადგენლებია მილისებო შლიცებიანი და ექვსწახნაგა ნახვრეტებით (სურ. 1, ბ);

გ) ღერძსიმეტრიული დეტალები შიგა კუთხვილით ან შიგა სპირალური ღარებით (სურ. 1, გ); ამ ქვეჯგუფს ეკუთვნის საიარალო ლულები (სურ. 1, დ).

ქვემოთ განხილულია ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების სპირალური შლიცების ფორმირების პროცესები და დადგენილია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

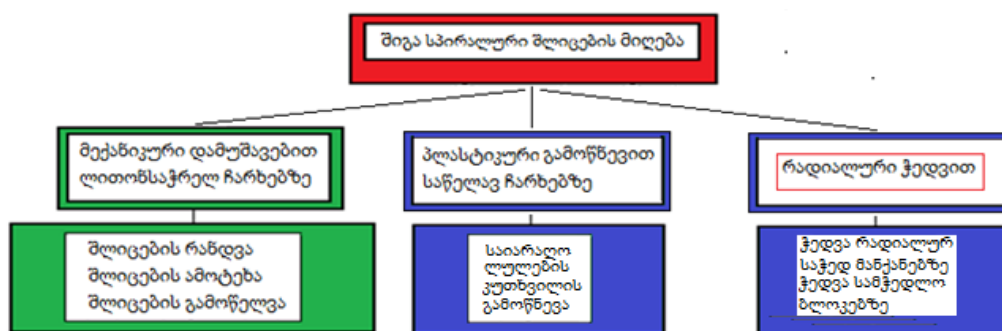


სურ. 1. რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის მქონე დეტალები: ა – შიგასაფეხურიანი მილისა; ბ – მილისა ექვსკუთხა ნახვრეტით; გ – სწორშლიციანი მილისა; დ – სპირალურშლიციანი მილისა; ე – საიარალო ლულა შიგა კუთხვილით

ძირითადი ნაწილი

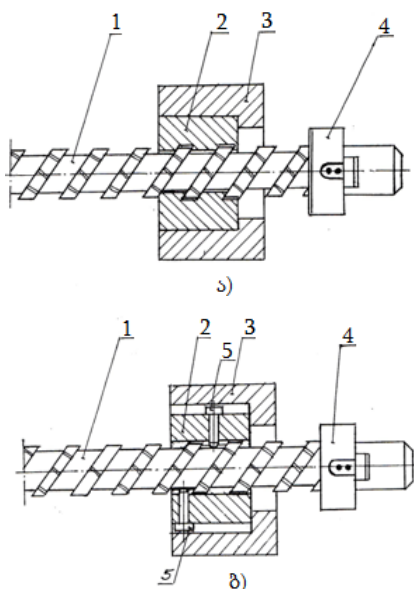
სპირალური შლიცები მილის შიგა ზედაპირზე ჭრით დამუშავებით მიიღება, რისთვისაც გამოიყენება სპეციალური საწელავი ჩარხი და ინსტრუმენტი, ასევე პლასტიკური ფორმირებით ანუ წნევით დამუშავებით. მე-2 სურ-ზე მოცემულია სპირალური შლიცების ფორმირების პროცესების კლასიფიკაცია.

ჩვეულებრივი შლიციანი ნახვრეტების დამუშავებისაგან განსხვავებით, სპირალური შლიცების მიღების პროცესი მოითხოვს საწელავის ბრუნვით მოძრაობას თავისი ღერძის ირგვლივ, რომელიც შეთანხმებული უნდა იყოს წინსვლით მოძრაობასთან, რაც სპეციალური მექანიზმების მეშვეობით ხდება [4,5].



სურ. 2. სპირალური შლიცების ფორმირების პროცესების კლასიფიკაცია

სპირალური შლიცების მექანიკური დამუშავებით მიღების პროცესის სქემები მოცემულია მე-3 სურ-ზე.

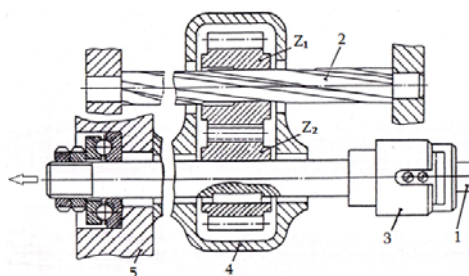


სურ. 3. სპირალური შლიცების მექანიკური დამუშავების სქემები: ა – საკოპირე ქანჩით; ბ – საკოპირე თითებით

სურათზე წარმოდგენილია სპირალურშლიცია-ნი მილისის გამოწევის პროცესის სქემა საკოპირე ქანჩის მეშვეობით. საწელავი 1 ჩამაგრებულია ჩარხის შპინდელის ვაზნაში 4. ღერძული გადაადგილებისას საწელავი ბრუნვით მოძრაობას იწყებს საკოპირე ქანჩის 2 გამონაშვებებისგან; ქანჩი 2 დგას სამარჯვში 3.

ზოგიერთ შემთხვევაში, საკოპირე ქანჩის ნაცვლად, საკოპირე თითებს იყენებენ (სურ. 3, ბ). საკოპირე თითები 5 ჩამაგრებულია მილისაში 2, რომელიც დგას სამარჯვში 3. ყოველი საკოპირე თითი შედის საწელავის მიმმართველ ღარებში და უზრუნველყოფს საწელავის შემობრუნებას წინსვლითი მოძრაობის დროს. სპირალური შლიცების გამოწევისას გამოიყენება აგრეთვე საკოპირე ხრახნების მექანიზმი (სურ. 4). ამ მექანიზმში საწელავი 1

ჩამაგრებულია ვაზნაში 3 და ბრუნავს Z_1 და Z_2 ორი კბილანის მეშვეობით. პირველი კბილანა დამაგრებულია ხრახნიან კოპირზე 2, ხოლო მეორე – საწვეი ვაზნის წაგრძელებულ ბოლოზე. ხრახნიანი კოპირი 2 დაყენებულია საწელავი ჩარხის სადგარზე. კბილანების კორპუსი 4 შეერთებულია ჩარხის კარეტასთან 5. Z_1 -ის კბილანის ნახვრეტის ხრახნიანი შვერილები შედის საკოპირე ხრახნის ღრმულებში.



სურ. 4. საკოპირე ხრახნის მექანიზმი

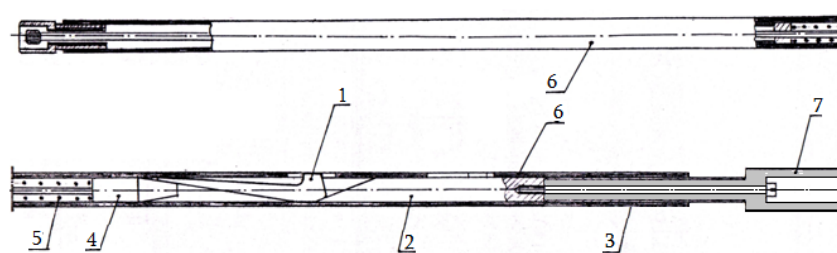
მუშაობის პროცესში კბილანა Z_1 გადაადგილდება ჩარხის ცოცისათან ერთად და, ამავე დროს, კოპირთან 2 ურთიერთქმედების გამო, იძულებით შემობრუნდება საკუთარი ღერძის ირგვლივ. შესაბამისად, ვაზნა 3 და მასთან შეერთებული საწელავი 1 ასრულებს ხრახნულ მოძრაობას. ამ სქემის უარყოფითი მხარეა ის, რომ სხვადასხვა ბიჯის მქონე შლიცისთვის საჭიროა თავისი ხრახნიანი კოპირის დამზადება.

ზომაგრძელი დეტალების შიგა ზედაპირის დამუშავებისათვის გამოიყენება სპეციალური საწელავი ჩარხები, რომლებიც ჩვეულებრივი საწელავი ჩარხებისაგან განსხვავდება საწვეი მოწყობილობების გადაადგილების სიდიდით და საწელავის ბრუნვის მექანიზმით, რომელიც აუცილებელია ხრახნიანი შლიცების მიღებისათვის.

სპირალური ღარების რანდვისას გამოიყენება სპეციალური მჭრელი ინსტრუმენტი – კავიანი შპა-

ლერი [2]. კავიანი შპალერის კონსტრუქცია მოცემულია მე-6 სურ-ზე. კავიანი შპალერი შეიცავს კავისებრ საჭრისს 1, სოლს 2, სოლის გადაადგილების მექანიზმს 3, კონუსს 4, კონუსის ზამზარას 5 და საწევარს 7. სოლი უზრუნველყოფს საჭრისის მიწოდებას.

სოლი გადაადგილება მექანიზმის 3 მეშვეობით საჭრისის თავისკენ და საჭრისის თავი ამოდის მილაკიდან იმ სიდიდეზე, რომელიც განსაზღვრულია მოსახსნელი ლითონის ნამეტით.



სურ. 6. კავიანი შპალერი

ზამზარიანი კონუსი განკუთვნილია საჭრისის თავის დაყენებისათვის ქვედა მდგომარეობაში შპალერის უკუსვლის დროს და აუცილებელია მჭრელი პირისა და დამუშავებული ზედაპირის ხახუნის აცილების და ცვეთის შემცირებისათვის. შპალერის უკუსვლისას ზამზარა აიძულებს კონუსს გადაადგილდეს საჭრისიანი კავისკენ და კონუსის მეშვეობით ხდება საჭრისის მჭრელი პირის დაწევა.

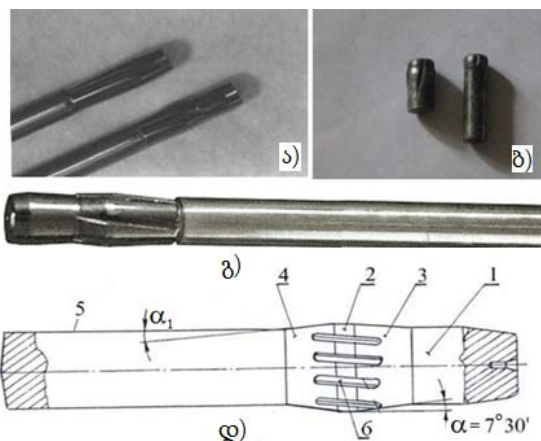
ეს მეთოდი განკუთვნილია წვრილკალიბრიანი ლულისათვის [2]. პირველად გამოწვევის მეთოდი გამოიყენეს აშშ-ში მე-2 მსოფლიო ომის დროს. მეთოდი უზრუნველყოფს სპირალური ღარების სწრაფ მიღებას ლულის ლითონის პლასტიკური დეფორმაციის შედეგად.

ლულაში კუთხვილიანი ღარის რანდვით მიღება ძალზე რთული პროცესია, ამავე დროს დაბალმწარმოებლური; ის მოითხოვს მომსახურე პერსონალის მაღალ კვალიფიკაციას, ინსტრუმენტიც ძვირად ღირებულია. ამის გამო, დაკუთხვის ოპერაცია ლულების წარმოებაში აფერხებს საწარმოო პროგრამის შესრულებას.

გამოწვევის მადეფორმირებელი ინსტრუმენტი – პუანსონი ცილინდრული ღეროა, რომელსაც ბოლოზე აქვს დახრილი გვერდითი შვერილები. პუანსონის გათრევისას ლულის შიგა ზედაპირზე ხდება ლითონის გამოწვევა და სპირალური ღარების წარმოქმნა. გამოწვევის პროცესში პუანსონი ასრულებს ხრახნულ მოძრაობას.

ამჟამად ლულის კუთხვილის რანდვასთან ერთად გავრცელებულია კუთხვილის გამოწვევის

მე-7 სურ-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის პუანსონის ფოტოსურათები და პუანსონის კონსტრუქცია.



სურ. 7. პუანსონის ფოტოსურათები (ა, ბ, გ) და კონსტრუქცია (დ)

პუანსონის კონსტრუქციის ძირითადი ელემენტია თავი 1, რომელიც ორი კონუსის შეუღლებაა ცილინდრთან 2. წინა კონუსი 3 შემსვლელია და მას უშუალოდ უერთდება წინა მიმართველი უბანი. უკანა კონუსი 4 შეერთებულია ღეროსთან 5. პუანსონის შვერილები 6 მიმართულია სპირალურად ღერძის მიმართ. წინა კონუსის კუთხე დიდ გავლენას ახდენს დეფორმაციის ძალაზე. ჩვეულებრივ უკანა და წინა კონუსების კუთხეები ტოლია.

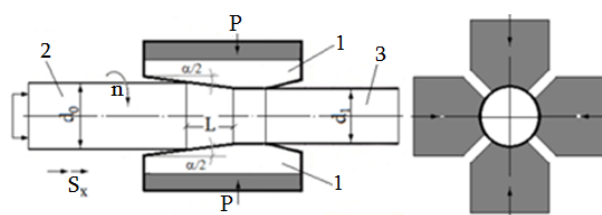
პუანსონი მზადდება ლეგირებული ფოლადებისაგან: X12, FKC და სხვა. პუანსონის თავი მიიღება გამოწნევით სამჭედლო მანქანაზე, ხოლო შვერილები და ღრმულები – გათრევით სპეციალურ თვალაკში. შემდეგ პუანსონი ექვემდებარება წრთობას და მოშვებას; თერმული დამუშავების შემდეგ პუანსონის სისალე HRC 63–65 აღწევს.

რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის მქონე დეტალების მიღება ლითონსაჭრელ ჩარხებზე მოითხოვს საკმაოდ რთული ინსტრუმენტისა და მოწყობილობის გამოყენებას. რაც შეეხება აღნიშნული დეტალების დამუშავებას პლასტიკური დეფორმაციით ანუ გამოწნევით, ამ მეთოდის გამო-

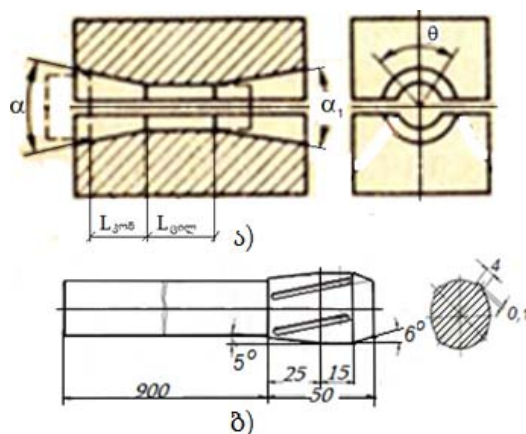
ყენება შესაძლებელია მხოლოდ მცირეზომიანი დეტალებისათვის (კერძოდ, მცირეკალიბრიანი სასროლი იარაღის ლულის დაკუთხვისათვის).

კუთხვილის მიღება დეტალების შიგა ზედაპირზე ასევე ხდება რადიალურ-საჭედი მანქანებით [6,7]. რადიალური ჭედვა არის ახალი, უფრო ეკონომიკური ტექნოლოგიური პროცესი და ფართოდ გამოიყენება რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის მქონე ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების მისაღებად.

მრგვალი ნამზადის რადიალური ჭედვის სქემა მოცემულია მე-8 სურ-ზე, ხოლო რადიალურ-საჭედი მანქანის ინსტრუმენტი – მე-9 სურ-ზე.



სურ. 8. რადიალური ჭედვის პროცესის სქემა: 1. საცემელები; 2. ნამზადი; 3. ნაჭედი



სურ. 9. ინსტრუმენტი: ა - საცემელები (X12Φ1), ბ - სამართული (5XHМ)

რადიალურ-საჭედი მანქანების ძირითადი მწარმოებელი ავსტრიული ფირმა Gesellschaft Fur Fertigungs-technik und Maschinenbau (GFM). მცირე კალიბრის ავტომატური ცეცხლსასროლი იარაღის ლულების რადიალურ-საჭედი მანქანების საშუალო მწარმოებლობაა ერთი ლულა 3 წუთში. ერთ-ერთი ასეთი მანქანის ფოტოსურათი მოცემულია მე-10 სურ-ზე.

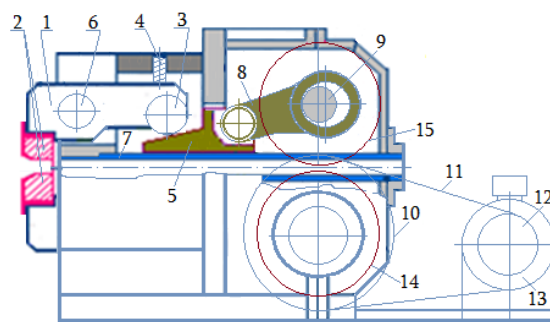
რადიალური ჭედვის დადებითი შედეგებია: ლითონის ეკონომია 15–20 %; ნაკეთობის ზომების სიზუსტის გაზრდა მე-2, მე-3 კლასამდე და ზედაპირის სისუფთავის ამაღლება მე-9, მე-10 კლასამდე; ლითონის სიმტკიცის 1,3–1,5-ჯერ გაზრდა. ასე, რომ რადიალურ-საჭედ მანქანებზე ლითონების პლასტიკური დეფორმირების მეთოდის ფართო გამოყენება მნიშვნელოვანი პროგრესია ლითონების დამუშავების დარგში.



სურ.10. რადიალურ-საჭედი მანქანა (ფირმა GFM - ავსტრია):
ა – მანქანის წინხედი; ბ – დეფორმაციის ზონა

რადიალური ჭედვის პროცესი ხორციელდება სხვადასხვა კონსტრუქციის რადიალურ-საჭედ მანქანაზე [8-10]. ყველაზე მარტივია და ხელსაყრელი ბერკეტული რადიალურ-საჭედი მანქანების დამზადება. მე-11 სურათზე წარმოდგენილია სოლურ-ბერკეტული ტიპის რადიალურ საჭედი მანქანის კინემატიკური სქემა.

მანქანის საჭედი მექანიზმი შეიცავს ორმხრივ ბერკეტებს 1 (მანქანას აქვს ოთხი ბერკეტი), რომელთა ერთ ბოლოზე დამაგრებულია საცემელები 2, ხოლო მეორეზე – გორგოლაჭები 3. ბერკეტების ამავე მხარეს მოქმედებს ზამბარა 4, რომელიც უზრუნველყოფს გორგოლაჭის მუდმივ მიჭერას სოლური ცოციას 5 ზედაპირთან. ყოველი ბერკეტი შეერთებულია მანქანის კორპუსთან ღერძით 6. ცოცია დგას ცილინდრულ მიმმართველზე 7 და შეერთებულია ბარბაცებთან 8. ბარბაცები დაკავშირებულია ექსცენტრულ ლილვებთან 9. ერთ-ერთ ექსცენტრულ ლილვზე ზის შკივ-მქნევარა 10. შკივ-მქნევარა ღვედური გადაცემით 11 უერთდება წამყვან შკივს 12, რომელიც დამაგრებულია ელექტროძრავაზე 13. ექსცენტრული ლილვების მეორე მხარეს დაყენებულია კბილანები 14 და 15, რომელთა დანიშნულებაა მანქანის ამძრავის მარბუნის მომენტის განაწილება ექსცენტრულ ლილვებს შორის.

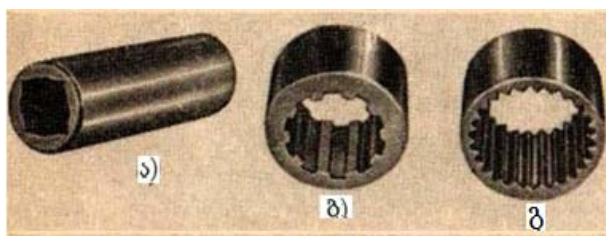


სურ. 11. სოლურ-ბერკეტული ტიპის მანქანის სქემა

მანქანა მუშაობს შემდეგი პრინციპით: ელექტროძრავას, შვივის, ღვედური გადაცემის, შვივ-მქნევარას მეშვეობით ბრუნვაში მოდის ექსცენტრული ლილვები, რომლებიც სოლურ ცოციას ბარბაცების მეშვეობით ანიჭებს უკუქცევით-წინსვლით მოძრაობას. ამ უკანასკნელს მოჰყავს საცემელებიანი ბერკეტები რხევით მოძრაობაში. საცემელი ზემოქმედებს ნამზადზე და ახდენს ლითონის პლასტიკურ დეფორმაციას.

მანქანას ახასიათებს ფუნქციონირების მაღალი საიმედოობა, შემადგენელი ელემენტების ხანგრძლივობა, მდოვრე მუშაობა და დაბალი ხმაური, რაც განპირობებულია მანქანის კონსტრუქციული სქემით.

რადიალურ-საჭედი მანქანები, ტექნოლოგიური შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ფართოდ გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში. ამის საილუსტრაციოდ მოგვყავს სპეციფიკური დეტალების ესკიზები, რომლებიც რადიალური ჭედვითაა მიღებული (სურ. 12).



სურ. 12. რადიალური ჭედვით მიღებული დეტალები რთული ფორმის შიგა ზედაპირით:
ა – ოსცილატორის კორპუსი; ბ, გ – შლიციანი ქუროები

მამასადამე, ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ რადიალურ-საჭედ მანქანებზე მიიღება მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული რთული ფორმის ღერძსიმეტრიული დეტალების ფართო ნომენკლატურა. რადიალური ჭედვის მეთოდი უზრუნველყოფს ლითონის სტრუქტურისა და მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებას. დატვირთვის პულსაციური ხასიათი, რომელიც დამახასიათებელია რადიალური ჭედვისათვის, უზრუნველყოფს ლითონის პლასტიკურობის რესურსის სრულ გამოყენებას, მადეფორმირებელი ძალების შემცირებას, რაც საშუალებას გვაძლევს ვაწარმოოთ დეტალები დაბალი პლასტიკურობის მქონე მწვანად დეფორმირებადი ლეგირებული ფოლადებისა და შენადნობებისაგან.

დასკვნა

რადიალურ-საჭედ მანქანებზე მიიღება მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული რთული ფორმის ღერძსიმეტრიული დეტალების ფართო ნომენკლატურა. რადიალური ჭედვით მიღებულ ნაკეთობებს ახასიათებს ზომების მაღალი სიზუსტე და ზედაპირის სისუფთავე. რადიალური ჭედვის მეთოდი, რომელიც მეტად ეფექტურია ზომარგმელი ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავებისთვის, უზრუნველყოფს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის ამაღლებას და ლითონის ეკონომიას.

ლიტერატურა

1. Tukmanov A. G. Technology of production of small-gun and artillery weapons. M.: “Mechanical Engineering”. 2007, 374 p. (in Russian).
2. Arefiev M., Karpov L. The production of small arms barrels. M.: “Oborongiz”. 1945, 227 p. (in Russian).

3. Taptun A. Production of artillery systems. M.: “Oborongiz”. 1960, 337 p. (in Russian).
 4. Drachuk V. Stretching of screw threads. M.: “Mechanical Engineering”. 1972, 87 p. (in Russian).
 5. P. Katsev. Pulling deep holes. M.: “Oborongiz”. 1957, 232 p. (in Russian).
 6. Radyuchenko Yu. Rotational forging. M.: “Mashinostr.”. 1972, 148 p. (in Russian).
 7. Radyuchenko Yu. Rotational forging processing of details on rotation and radially-blooming machines. M.: “Mashgiz.”. 1962, 187 p. (in Russian).
 8. Mebonia S., Natriashvili T., Mikautadze M. Development of devices for the radial forging of lengthy axis symmetric products with a difficult configuration of inner surface. Treatment metals by pressure. №2 (27). Kramatorsk. 2011, 121-125 pp. (in Russian).
 9. Mebonia S., Mikautadze M., Katamadze S. Machines for radial forging of lengthy products. Theory and practice of metallurgy. №1-2. Dnepropetrovsk. 2009, 143-145 pp. (in Russian).
 10. Mebonia S., Nizharadze D., Mshvildadze P. The radial-blooming machine for receiving of lengthy axis symmetric products. Works of scientific-technical conference. (in Russian).
-

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

Analysis of processes of formation of complex configuration surfaces of axisymmetric products

- Alexander Shermazanashvili** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: shermazanashvilia@gmail.com
- Jemal Sharashenidze** Metal materials forming operation laboratory, Ferdinand Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science, 10 Mindeli str, 0186 Tbilisi, Georgia
E-mail: jemalsha@mail.ru
- Slava Mebonia** Department of Metallurgy, Metals Science and Metal Processing, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: slavamebonia@gmail.com

Reviewers:

- Z. Lomsadze**, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU
E-mail: z.lomsadze@gtu.ge
- S. Iashvili**, Research Scientist, Rafiel Dvali Machinery Mechanics Institute
E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

Abstract. The article considers the processes related to the formation of complex configuration surfaces of axisymmetric products, with appropriate beneficial and negative impacts. It is shown that the processing of axisymmetric products of complex shape on metal-cutting machines is uneconomical and is associated with significant losses of metal in the form of chips. It is established that the use of radial forging method is the most

effective method for the processing the marked parts. It is noted that this method is also used in metallurgy, particularly in cold rolling shops for pipe workpieces before drawing.

Key words: Axisymmetric detail; radial compression; radial forging machine; spiral slots.

UDC 621.733.548 : 521.974.82

SCOPUS CODE 2210

Анализ процессов формирования поверхности сложной конфигурации осесимметричных изделия

Александр Шермазанашвили Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: shermazanashvilia@gmail.com

Джемал Шарашенидзе Лаборатория обработки металлических материалов давлением, Институт им. Фурдинанда Тавадзе металлургии и материаловедения, Грузия, 0186, Тбилиси, ул. Миндели 10
E-mail: jemalsha@mail.ru

Слава Мебония Департамент металлургии, материаловедения и обработки металлов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: slavamebonia@gmail.com

Рецензенты:

З. Ломсадзе, профессор доктор технических наук факультета химической технологии и металлургии ГТУ
E-mail: z.lomsadze@gtu.ge

С. Иашвили, Институт механики машин Рафаэла Двали, научный работник, академический доктор
E-mail: sulxaniashvili@yahoo.com

Аннотация. Рассмотрены процессы формирования поверхности сложной осесимметричных изделий и установлены их положительные и отрицательные стороны. Показано, что обработка осесимметричных изделий сложной конфигурации формы на металлорежущих станках неэкономична и связана со значительными потерями металла в виде стружки. Установлено, что для обработки отмеченных деталей наиболее благоприятно использование метода радиальнойковки. Отмечено, что этот метод применяется также и в металлургии, в частности, цехах холодной прокатки труб для заковки трубных заготовок перед волочением.

Ключевые слова: осесимметричная деталь; радиальное обжатие; радиально-ковочная машина; спиральные шлицы.

განხილვის თარიღი 02.10.2019

შემოსვლის თარიღი 20.11.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 631.312.62

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-124-133>

საქართველოს მძიმე და ჭარბტენიანი ნიადაგების პირობებში კარტოფილის ამღებ-დამტვირთველის საველე გამოცდის შედეგები

ომარ თედორაძე აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო 0192, თბილისი, გურამიშვილის 17
E-mail: omar.tedoradze@mepa.gov.ge

დავით თავხელიძე აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო 0192, თბილისი, გურამიშვილის 17
E-mail: d.tavkhelidze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ი. აბულაძე, აჭარის სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ა(ა) იპ „აგროსერვის ცენტრის“ დირექტორის მოადგილე, აგროინჟინერიის დოქტორი

E-mail: sosoabuladze@mail.ru

დ. ნატროშვილი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: d.natroshvili@agrundi.edu.ge

ანოტაცია. ბელორუსის ქარხანა „გომსელმაშის“ კონსტრუქტორებთან ერთად შემუშავდა კარტოფილის ამომყრელ-დამტვირთველი მანქანის ახალი, მეორე მოდერნიზებული ვარიანტი (მოხდა კონსტრუქციის დახვეწა და დამატებითი ელემენტების დამატება). მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოს ნიადაგის პირობების გათვალისწინებით მანქანა მთლიანობაში ასრულებს მასზე წყენებულ მოთხოვნებს, მაგრამ იმის გამო, რომ ნიადაგის ტენიანობა მაღალია, დანადგარის საწმენდი ნაწილი სრულად ვერ ახერხებს ამოღებული მასის ნიადაგის კომპტიდან გასუფთავებას. აღნიშნულის

შესაბამისად, ამოღებული მასის დანაგვიანება დასაშვებ ნორმაზე (15–20 %) მეტია. ამოყრილი ტუბერების კომპტიდან მაქსიმალურად გასუფთავების მიზნით საჭიროა, რომ საწმენდი ნაწილის კონსტრუქციას დაემატოს მუშების დასადგომი ბაქანი, რომელიც საწმენდ ნაწილს დაეხმარება, რომ ტუბერები სრულფასოვანად გაიწმინდოს. აღნიშნულ წინადადებას დაეთანხმა ქარხანა „გომსელმაშის“ წამომადგენლობა, რისთვისაც მიმდინარე ეტაპზე წარმოება და მანქანაში კონსტრუქციული ცვლილებების შეტანა და, შესაბამისად, მოდერნიზებული მანქანის მესამე ვარიანტი გამოიცადა 2019 წელს (სექტემბერი).

საკვანძო სიტყვები: ამომყრელი; გამოცდა; დაზიანება; დანაკარგები; ექსპლუატაცია; კარტოფილის ტუბერები; კომბაინი; ტესტირება.

ვირთავი ტრანსპორტიორი, რომელთა მეორე საწარმოო გამოცდა ჩატარდა 2018 წლის სექტემბერში.

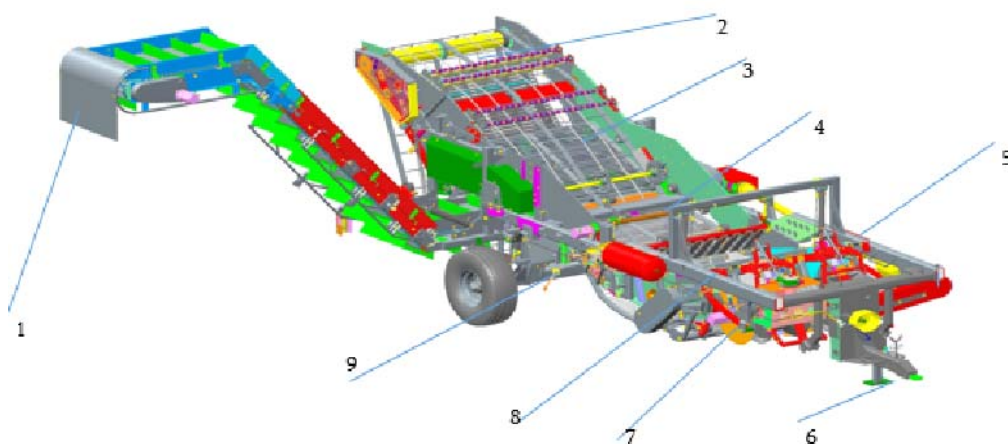
შესავალი

წინა სტატიაში [1] განხილული იყო კარტოფილის ამომყრელი მანქანის პირველი ვარიანტის გამოცდის შედეგები და, შესაბამისად, წარმოდგენილი დანადგარის ნაკლოვანი მხარეები, რის საფუძველზეც დაისახა ღონისძიებები მათი გამოსწორების მიზნით, აღნიშნული ნაკლოვანებების გათვალისწინებით, ბელორუსის ქარხანა „გომსემალის“ კონსტრუქტორებთან ერთად შემუშავდა ახალი მოდერნიზებული ვარიანტი, სადაც მოხდა კონსტრუქციის დახვეწა და ელემენტების დამატება. კერძოდ, მანქანას დაემატა კარტოფილის ტუბერების ამომყრელი ბლოკის სამი ვარიანტის სქემა, მათ შორის აქტიური რხევით მოწყობილობა, გამარტივებული გადმომტ-

ძირითადი ნაწილი

კარტოფილის ამღები კომბაინისა და ამომყრელი მანქანის ტესტირება-გამოცდა ჩატარდა 5 მუნიციპალიტეტის კარტოფილის ნათეს ფართობზე. თითოეული ფართობი 1,5 ჰა შეადგენდა და წარმოდგენილი იყო სხვადასხვა სახის ნიადაგის პირობებში, სადაც კარტოფილი ჩაითესა ბაზოებზე მოყვანის ტექნოლოგიის გამოყენებით.

იმ მიზნით, რომ დადგენილიყო თუ რამდენად სრულად და ხარისხიანად ასრულებს კარტოფილის ამომყრელ-დამტვირთველი მანქანა კმპ-1,5-ის მეორე მოდერნიზებული ვარიანტი (სურ. 1) მასზე დაკისრებულ ტექნოლოგიურ პროცესს და პასუხობს თუ არა აგროტექნიკურ მოთხოვნებს, ჩატარდა შესაბამისი გამოცდები სხვადასხვა სახის ნიადაგზე.



სურ. 1. ნახევრად მისაზმელი კარტოფილის ამომყრელ-დამტვირთველი მანქანა კმპ -1,5-ის მეორე მოდერნიზირებული ვარიანტი;

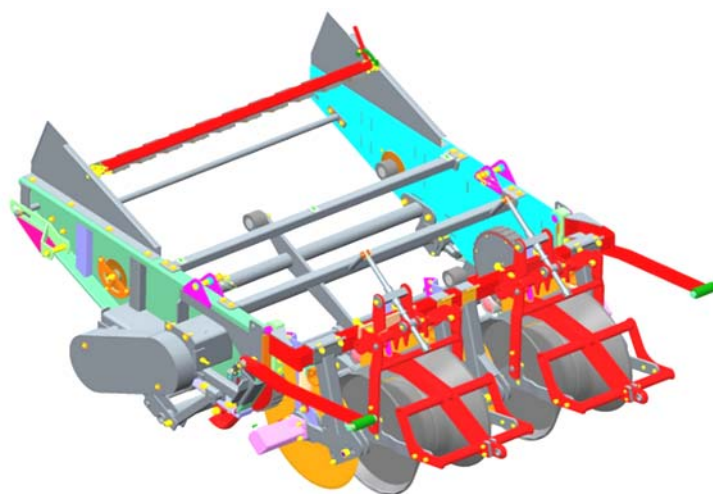
1 - გადმომყრელი ტრანსპორტიორი; 2 - ფოჩების მომწყვეტი ტრანსპორტიორი; 3 - მეორეული ელევატორი;

4 - პირველადი ელევატორი; 5 - ამომყრელი ბლოკი; 6 - მისაზმელი ; 7 - აქტიური დისკოები; 8 - გადაცემის მექანიზმი;

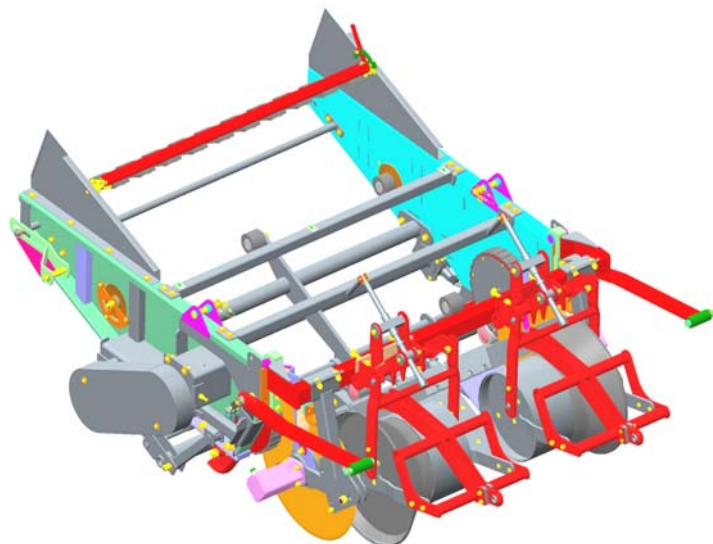
9 - ცენტრალური ღერძი საყრდენი თვლებით

გამოცდის ობიექტი იყო „გომსემალშის“ ნახევრად მისაბმელი კარტოფილის ამომყრელ-დამტვირთველი მანქანა კმპ -1,5, ამომთხრელი ბლოკის სხვადასხვა კონსტრუქციით, რომლებიც წარმოდგენილია ქვემოთ მოყვანილ სურათებზე. მე-2 სურ-ზე მოცემულია ამომთხრელი ბლოკი ორმხრივი საყრდენი მაკოპირებელი თვლებით და გვერდითი პა-

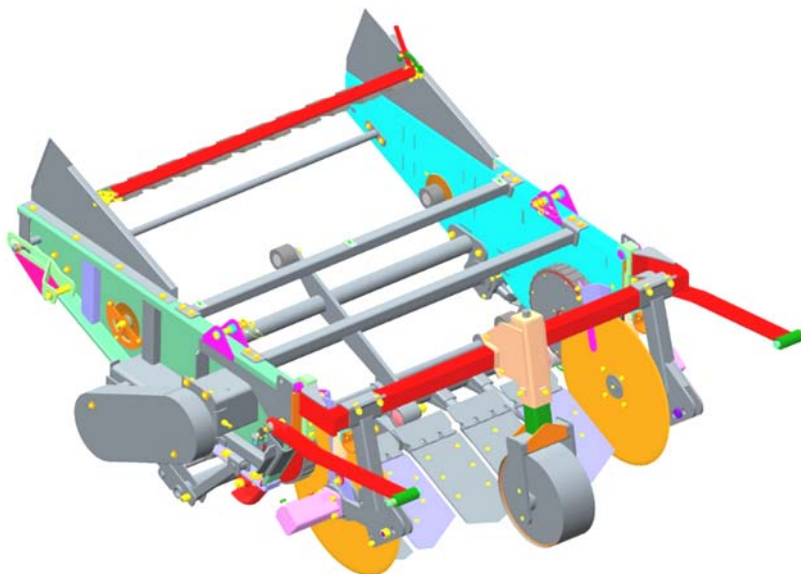
სიური მჭრელი დისკოებით; მე-3 სურ-ზე ცალმხრივი საყრდენი მაკოპირებელი თვლებით, ცენტრალური სახნისით და აქტიური მჭრელი დისკოებით; ხოლო მე-4 სურ-ზე – ცენტრალური საყრდენი მაკოპირებელი თვლით და აქტიური გვერდითი მჭრელი დისკოებით.



სურ. 2. ამომყრელი სექცია ორმხრივი საყრდენი მაკოპირებელი საგორავებით



სურ. 3. ამომყრელი სექცია ცალმხრივი საყრდენი მაკოპირებელი საგორავებით



სურ. 4 . ამომყრელი სექცია ცენტრალური საყრდენი მაკოპირებელი თვლით

მანქანის გამოცდა ჩატარდა ახალქალაქისა და ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტის სპეციალურად შერჩეულ და მომზადებულ კარტოფილის ასაღებოთხ ფართობზე (სხვადასხვა პირობებში), სადაც ნათესებს შორის მანძილი 75 სმ-ია. ტესტები ტარდებოდა სამ ვარიანტად, როცა დაყენებული იყო ამომყრელი ბლოკის პირველი, მეორე და მესამე ვარიანტები.

დანადგარების გამოცდა წარმოებდა სხვადასხვა პარამეტრის მქონე ნიადაგისა და გარემო პირობების ნაკვეთებზე. ასე, მაგალითად, მე-5 სურ-ზე წარმოდგენილია ნაკვეთი, სადაც ნიადაგის ტენიანობა 30–35 % შეადგენდა, ხოლო კარტოფილის ღეროები და სარეველები სრულად იყო წინასწარ მოჭრილი. გამოცდისას ნაკვეთები დაინომრა და, შესაბამისად, წარმოდგენილ ფართობს მიენიჭა №1.



სურ. 5 კარტოფილის ასაღები ფართობი №1, მდებარეობა – წალკის მუნიციპალიტეტი

ამ ნაკვეთზე კარტოფილის ტუბერები მიწაში 150 მმ სიღრმეშია განლაგებული, ხოლო მოსავლიანობა – 100 – 120 ც/ჰა, კომბაინის მოძრაობის სიჩქარე – 2 – 2,5 კმ/სთ. კომბაინის მიერ ამოღებული ტუბერების სისრულე 100%-ია და, შესაბამისად, დანაკარგი მიწაში დატოვებული ტუბერების სახით – 0. ამ ნაკვეთზე გამოცდა ჩატარდა ამომცრელი ბლოკის სამივე ვარიანტით. გამოცდისას ტექნოლოგიური

პროცესი მიმდინარეობდა სტაბილურად, შეფერხების გარეშე და ამომცრელი ბლოკების პირველი ორი ვარიანტის გამოყენებისას ამოღებულ მასაში სარეველებმა, ქვებმა, მიწის კომპტებმა შეადგინა 50–60 % (სურ. 6). რაც შეეხება ბლოკის მესამე ვარიანტის გამოყენებისას ამოღებულ მასაში სარეველების, ქვებისა და მიწის კომპტების რაოდენობას 30– 35 % -ია (სურ. 7).



სურ. 6. გამოცდის შედეგები პირველი და მეორე ვარიანტის დროს



სურ. 7. გამოცდის შედეგები მესამე ვარიანტის დროს

შემდეგი გამოცდა ჩატარდა №2 ნაკვეთზე წალკის მუნიციპალიტეტში, რომლის ნიადაგი ქვიანია (სურ. 8). ნაკვეთის მახასიათებლებია: ფართობი – 0,14 ჰა, ნიადაგის ტენიანობა – 25–35 %, ფართობის დანაწილება სარეველებით და კარტოფილის ფოჩებით – 15–20 %, ტუბერები განთავსებულია 150 მმ-მდე სიღრმეში, მოსავლიანობა – 80 – 90 ც/ჰა, კომბაინის

სიჩქარე – 2–2,5 კმ/სთ და ტუბერების ამოცრის სისრულე – 100%. მესამე ტიპის ამომცრელის გამოყენებისას ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობდა სტაბილურად, შეფერხების გარეშე, ხოლო ამოღებულ მასაში სარეველების, ქვებისა და მიწის კომპტების რაოდენობამ 60–70 % შეადგინა (სურ. 9).



სურ. 8. კარტოვილის ასაღები №2 ნაკვეთი (წალკის მუნიციპალიტეტი)



სურ. 9. გამოცდის შედეგები ქვიან ნიადაგზე კარტოვილის ტუბერების ამოღებისას

ასევე ჩატარდა გამოცდები №3 ნაკვეთზე, რომლის ფართობი იყო 0,35 ჰა, ტენიანობა – 25–35%, ფართობის სარეველიანობა – 2,5–3 ტ/ჰა, ნიადაგში ქვების რაოდენობა – 1 – 2,5%, ტუბერების ნიადაგში განთავსების სიღრმე 200 მმ-მდე, მოსავლიანობა – 130–150 ც/ჰა, კომბაინის სამუშაო სიჩქარე – 2 – 2,5 კმ/სთ, ტუბერების ამოღების სისრულე – 100%, დანაკარგები – 0. გამოცდა ჩატარდა მესამე ტიპის ამომყრელი ბლოკით. ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობდა სტაბილურად, რის შედეგადაც ამოღებულ მასაში მიწისა და ქვების საერთო რაოდენობამ 35–45% შეადგინა.

რაც შეეხება მე-4 ნაკვეთს, რომელიც განთავსე-

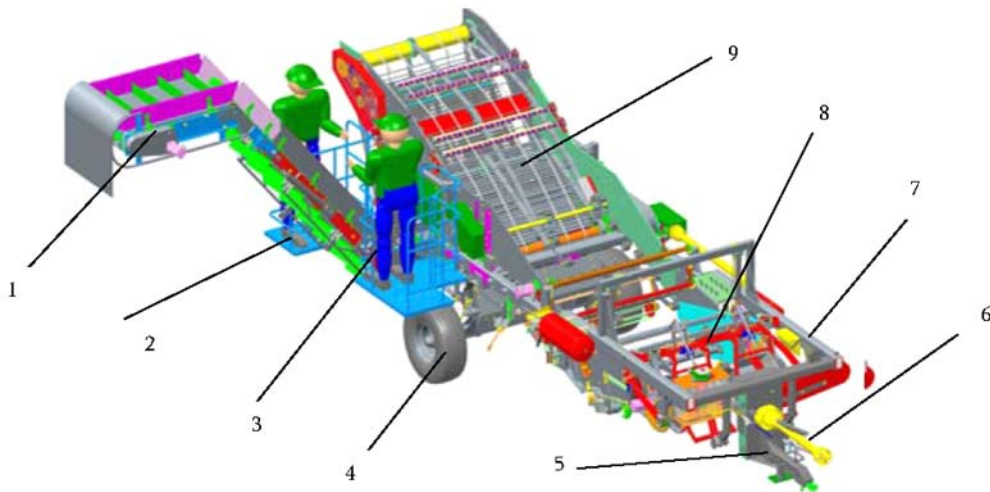
ბული იყო ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტში და რომლის ფართობი 0,44 ჰა შეადგენდა, გამოცდა ჩატარდა ნიადაგზე, რომლის ტენიანობა შეადგენდა 10–20 %, სარეველიანობა – 0,5 – 1 ტ/ჰა, ქვების რაოდენობა ნიადაგში – 0 – 1%, ტუბერების განლაგება ნიადაგის სიღრმეში – 180 მმ, მოსავლიანობა – 180 – 250 ც/ჰა, კომბაინის სამუშაო სიჩქარე – 2 – 2,2 კმ/სთ, ტუბერების ამოღების სისრულე – 100 %, დანაკარგები – 0. როგორც წინა შემთხვევაში, აქაც გამოცდა ჩატარდა მესამე ტიპის ამომყრელი ბლოკით. ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობდა სტაბილურად და შედეგად ამოღებულ მასაში მიწისა და ქვების საერთო რაოდენობამ 15–20% შეადგინა (სურ. 10).



სურ. 10. ფართობზე (ნინოწმინდა) მესამე ტიპის ბლოკის გამოყენების დროს მიღებული შედეგები

უნდა აღვნიშნოთ, რომ გარკვეული შედეგი იმით იქნა მიღებული, რომ გადმოყრულ ტრანსპორტიორზე იდგა მუშა, რომელიც მსხვილ დაუშლელ კომპტებს აცლიდა. ნათქვამის გათვალისწინებით, შევიმუშავეთ ამომყრელ-დამტვირთველის ახალი ვარიან-

ტის საპილოტე სქემა, რომელიც წარმოდგენილია მე-11 სურ-ზე და სადაც დამატებულია სპეციალური ბაქანი დამხმარე მუშებისთვის, რომელთა ვალდებულებაა ამოყრილი კარტოფილის ტუბერების მასის კომპტებისა და ქვებისაგან გაწმენდა.



სურ. 11. კარტოფილის ამომყრელ-დამტვირთველი დამხმარე მუშების დასადგომი ბაქანი; 1 - გადმოყრული ტრანსპორტიორი; 2 - მუშების სადგომი ბაქანი; 3 - დამხმარე მუშა; 4 - საყრდენი თვალი; 5 - მისაბმელი მოწყობილობა; 6 - ძალამრთმევი ლილევი; 7 - ჩარჩო; 8 - ამომყრელი სექცია; 9 - ფორების მომწყვეტი ტრანსპორტიორი

დასკვნა

როგორც ჩატარებულმა ტესტირება-გამოცდამ აჩვენა, კარტოფილის ტუბერების ამომყრელი მანქანა მასზე წაყენებულ ყველა მოთხოვნას ასრულებს ერთის გარდა. ეს არის აღებული მოსავლის დანაგვიანება მიწის მასით, რომელიც, აგროტექნიკური მოთხოვნის მიხედვით, უნდა იყოს 15–20 %, სინამდვილეში დანაგვიანება 35–40% შეადგენს. მანქანა ვერ ახდენს მსხვილი კომტების დაშლას და საჭიროებს დამატებით მუშების დახმარებას გადმომყრელ ტრანსპორტიორზე და ზოგიერთი კონსტრუქციული ცვლილებების შეტანას:

- შემცირდეს ფოჩების მომწყვეტი ტრანსპორტიორის უჯრედების ზომები;
- დამოკლდეს ცენტრალური სახნისის სიგრძე და გაიზარდოს შეტევის კუთხე;

- დაემატოს სპეციალური ბაქანი დამხმარე მუშებისათვის გადმომყრელი ტრანსპორტიორის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს მე-11 სურ-ზე წარმოდგენილი სქემის მიხედვით;
- შეიცვალოს გადმომყრელი ტრანსპორტიორის კონსტრუქცია, გამარტივდეს იმ თვალსაზრისით, რომ იყოს მთლიანი დაკეცვის გარეშე და, შესაბამისად, შემცირდეს გადმომყრის სიმაღლე;
- საყრდენი საბურავები შეიცვალოს უფრო ვიწრო პროფილის საბურავებით;
- „გომსელმამის“ წარმომადგენლები მთლიანად დაეთანხმნენ რეკომენდაციებს და ვალდებულება აიღეს, რომ კომბაინის მოდერნიზებას მოახდენდნენ რეკომენდაციების მიხედვით.

ლიტერატურა

1. Tedoradze O., Tavkhelidze D. Potato harvesters' field tests results. GTU. Tbilisi. N2 (504). 2017. (in Georgian).
2. Tedoradze O., Nadiradze K. Workflow analysis of clean line technology for tubular crops. GTU "Transportation and machine building". N1 (29) Tbilisi. 2014. (in Georgian).
3. Products catalog "Gomselmash". Gomel. 2016. (in Russian).
4. EuroTechnics – Equipment for the production of loading - unloading and storage of potatoes and vegetables. Samara. 2014. (in Russian).
5. Tubolev S. et al. Machine technology and technology for potato production. Moscow: "Agrospas". 2010. (in Russian).
6. Bragintsev N.V., Ivanov S.S. Analysis of structures of foreign potato harvesters. Lugansk National Agrarian University. 2010. (in Russian).
7. URL: www.spedo.it

UDC 631.312.62
SCOPUS CODE 2210

Results of field tests of potato assembly-loading machine used for heavy and wet soils of Georgia

Omar Tedoradze Department of Agro-engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili str, 0192 Tbilisi, Georgia

E-mail: omar.tedoradze@mepa.gov.ge

David Tavkheldize Department of Agro-engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili str, 0192 Tbilisi, Georgia

E-mail: d.tavkheldize@gtu.ge

Reviewers:

I. Abuladze, Doctor of Agro-engineering, Deputy Head of N(N)JP Agroservice Center at the Ministry of Agriculture of Ajara

E-mail: sosoabuladze@mail.ru

D. Natroshvili, Associate Professor, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: d.natroshvili@agruni.edu.ge

Abstract. The article discusses the second new modernized version of the potato assembly-loading machine constructed by Belarusian factory "Gomselmash" (where construction was developed and additional elements added). Analysis of the results showed that according to country soil characteristics the machine is fully compatible with the requirements, but due to the soil moisture content, which is very high, the cleaning part of the machine is not fully able to clean the mass from the toes and the quantity of clots are higher than the permissible norm (15-20%). In order to maximize cleanness of the tubers from clots, it is necessary to add a layer for workers to the cleaning part of the machine.

This proposal was approved by the representatives of the Belorussian factory "Gomselmash" for current changes in the device and the third option of the modernized machine is scheduled for the 2019 season (September).

Key words: Assembly-loading machine; combine; damage; exploitation; losses; potato tubers; testing; tests.

UDC 631.312.62
SCOPUS CODE 2210

Результаты полевых испытаний сборочно-погрузочной машины картофеля в условиях тяжелых и влажных почв Грузии

Омар Тедорадзе Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси, ул. Гурамишвили 17
E-mail: omar.tedoradze@mepra.gov.ge

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

Рецензенты:

И. Абуладзе, доктор агроинженерии, заместитель директора А(А) ип «Агросервис центра» Министерства Аджарского сельского хозяйства

E-mail: sosoabuladze@mail.ru

Д. Натрошвили, доктор технических наук, ассоциированный профессор факультета аграрных наук и инженеринга Биосистем ГТУ

E-mail: d.natroshvili@agrundi.edu.ge

Аннотация. В статье обсуждается вторая, новая модернизированная версия машины для загрузки картофеля, разработанная конструкторами белорусского завода "Гомсельмаш" (где была уточнена конструкция машины с добавлением дополнительных элементов). Анализ результатов показал, что машина полностью совместима с требованиями, но из-за высокой влажности почвы очистительная часть машины не может полностью очистить почву от комков земли в связи с чем, произошло извлечение массы выше допустимой нормы на 15-20 %. Для максимальной очистки собранных клубней от комков земли необходимо в конструкцию очистительной части добавить специальную платформу для рабочих, которые смогут полноценно чистить собранную картошку.

На это предложение согласились представители завода «Гомсельмаш», где на данном этапе на заводе происходят конструктивные изменения и соответственно испытания третьего варианта модернизированной машины запланировано на сезон 2019 года (сентябрь).

Ключевые слова: испытания; тестирование; эксплуатация; комбайн; повреждение; потери.

კანხილვის თარიღი 21.06.2019

შემოსვლის თარიღი 31.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-134-142>

Классификация причин и условий возникновения нестационарных процессов и гидравлических ударов в магистральных трубопроводных гидротранспортных системах, а также способов и средств для предотвращения резких повышений давления

Леон Махарадзе

Департамент горной технологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75

E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Рецензенты:

Г. Кирмелашвили, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: gkirmelashvili@gtu.ge

А. Бежанишвили, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: bezhanishvili@gmail.com

Аннотация. В настоящее время напорные гидротранспортные системы находят широкое применение во многих отраслях промышленности из-за многих своих положительных сторон, по сравнению с традиционными видами транспорта. Однако из-за специфики работы и эксплуатации, в аналогичных системах часто возникают нестационарные процессы и гидравлические удары, отрицательно влияющие на режим их работы, так как нередко являются причинами серьезных аварий и ухудшения технико-экономических показателей аналогичных систем. Исходя из этого, борьба против таких явлений является актуальной научной и инженерной проблемой. Решению вопросов, связанных с этой проблемой, посвящены фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в Горном институте им. Г. А. Цулукидзе, как на полупромышленных лабораторных установках, так и на крупных промышленных гидротранспортных системах. Именно обобщению результатов этих исследований посвящаются вопросы, рассмотренные в данной работе.

Ключевые слова: гасители гидравлических ударов; гидравлические удары; грунтовые насосы; демпферы гидравлических ударов; напорные гидротранспортные системы; напорные трубопроводы; нестационарные процессы.

Введение

О роли и сферах использования трубопроводного гидротранспорта, его положительных и отрицательных сторонах, масштабах, выполненных в Горном институте им. Г. А. Цулукидзе по исследованию актуальных проблем расчета, проектирования и эксплуатации подробно изложены в ранее изданных статьях и монографиях автора данной статьи, его коллег и учеников [1-11].

В данной статье изложены вопросы классификации причин и условий возникновения нестационарных процессов и гидравлических ударов в магистральных трубопроводных гидротранспортных системах, а также способов и средств для предотвращения резких повышений давления в аналогичных системах.

Классификация сделана на основе обобщения результатов вышеуказанных исследований. Она даст возможность с учетом конкретной реальной схемы гидротранспортной системы, с большой точностью определить ожидаемые режимы при ее эксплуатации и соответственно осуществить необходимые мероприятия для их нормальной работы, без существенных отклонений от стационарных режимов. Для этой цели разработаны новые методы и устройства, новизна и полезность которых защищены авторскими свидетельствами и патентами [1-3].

Правомерность сделанной классификации обосновывается масштабами сделанных нами исследований, которые выполнены на всякого рода гидротранспортных системах. Эта сфера довольно большая, так как известно, напорные гидротранспортные системы в настоящее время, из-за многих положительных сторон по сравнению с традиционными видами транспорта, успешно функционируют на объектах систем: горнорудной, цементно-горной, строительной, энергетической, гидротехнической промышленности, а также на объектах гидромеханизации, сельского хозяйства и бытового обслуживания.

На всех указанных системах, функционирующих в Советском Союзе, в том числе Грузии, нами проведены крупномасштабные исследования и внедрены результаты этих исследований.

Как известно, от сферы и конкретных условий функционирования напорные гидротранспортные системы могут быть одноступенчатые и многоступенчатые. Это зависит от дальности подачи (транспортирования) гидросмеси. На более длинные расстояния, как правило, используются многоступенчатые системы. Это обусловлено в основном тем, что насосы, предназначенные для подачи твердых абразивных частиц, т.е. центробежные грунтовые насосы, как правило, могут быть сравнительно низконапорными. Исходя из этого, при необходимости подачи гидросмеси на дальние расстояния, следует в трубопроводную магистраль включить их последовательно. Такие схемы называются магистральными без разрыва потока в местах включения в магистраль насосов. Осуществление такой схемы обходится го-

раздо дешевле, чем при разрыве потока. Однако гораздо труднее обеспечить их нормальной работы. Об этом подробно изложено в наших публикациях [4-8]. При обеспечении нормальных режимов работы магистральные гидротранспортные системы с последовательно включенными насосами имеют гораздо лучшие технико-экономические показатели. Исходя из вышеизложенного, сделанная нами классификация для магистральных гидротранспортных систем, а также способов и средств обеспечения нормальных режимов работы, вполне справедлива для любых схем систем напорного гидротранспорта.

Как известно, нестационарные процессы и гидравлические удары в напорных трубопроводах гидравлических систем являются быстропротекающими сложными динамическими процессами. В гидротранспортных системах они являются еще более сложными, из-за того, что транспортируемая жидкая среда является трехфазной, так как одновременно с частицами твердых материалов в трубопровод всегда попадает свободный воздух, нерастворенный в капельной несущей жидкости, как правило в воде. В связи с этим, для исследования указанных процессов, нами разработана методика для их записи специальными датчиками давления и скорости. Обо всем этом также подробно изложено в наших публикациях [4-8].

Следует также отметить, что до выполнения наших вышеуказанных основных исследований, нами выполнены также глубокомасштабные исследования и анализ в данных областях ранее выполненных научных работ и технических решений [1, 2, 4, 5, 7, 8]. Это стало основой достоверности и справедливости выполненных на основе учета результатов этих исследований классификаций, сделанных нами.

Необходимо отметить также, что нами выполнены крупномасштабные исследования на объектах систем орошения сельского хозяйства и на системах питьевого водоснабжения.

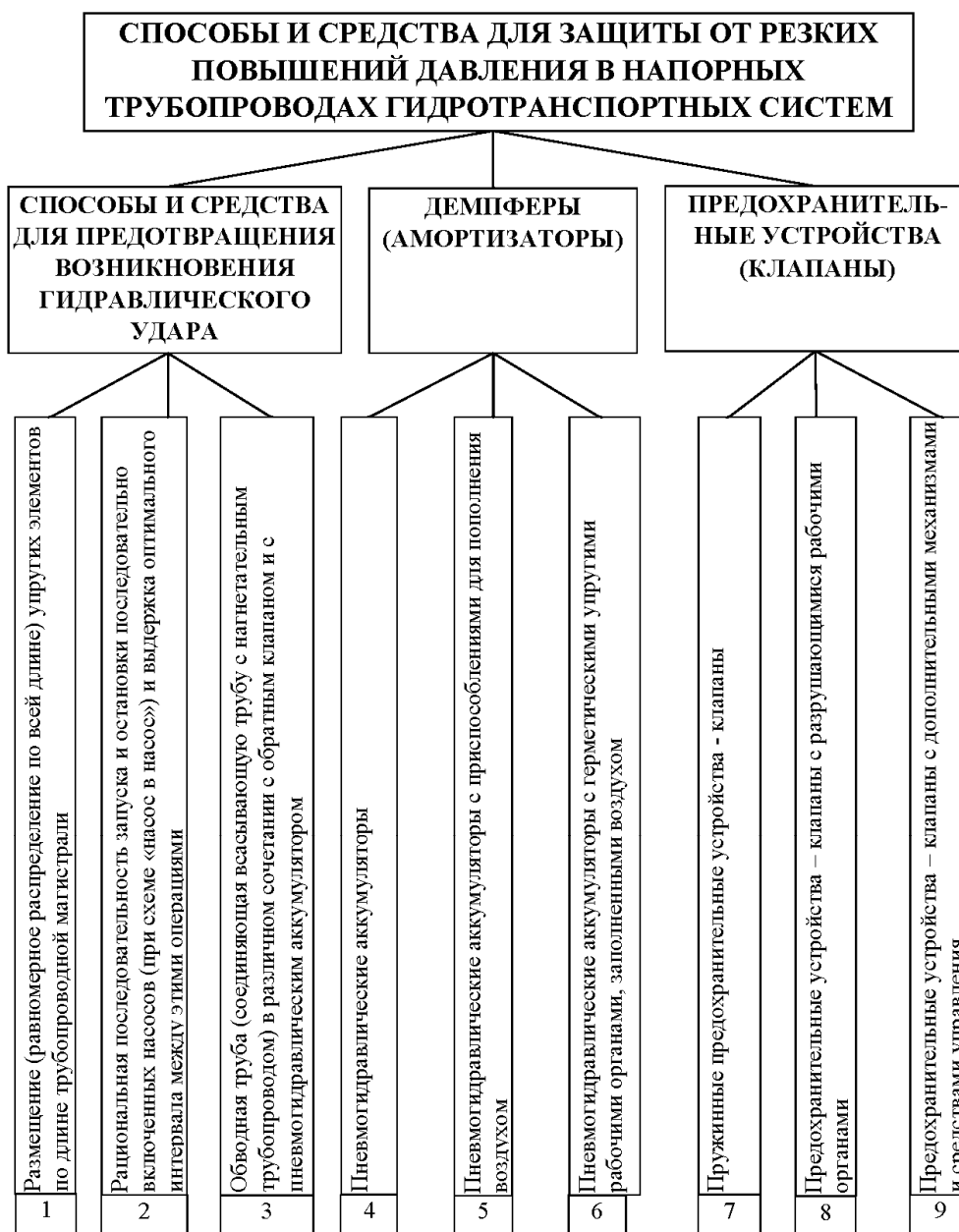
Здесь же необходимо отметить, что все мероприятия, разработанные для гидротранспортных систем, более успешно можно применить на системах для транспортирования однофазных жидкостей, без наличия в потоке жидкости твердых сыпучих частиц.

ПРИЧИНЫ И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ В НАПОРНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

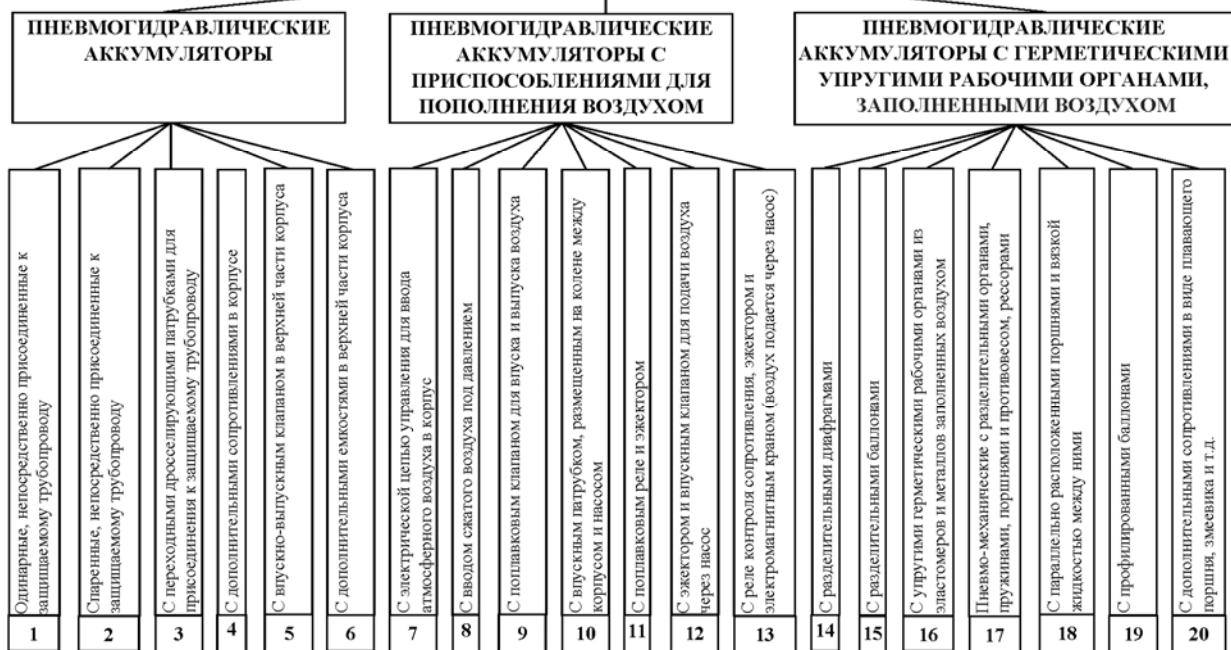
1	Перекрытие всасывающей трубы головной насосной станции негабаритными твердыми сыпучими материалами или другими посторонними, случайно попавшими, предметами в искусственно сформированном приемном зумпфе (на объектах гидромеханизации)
2	За короткий промежуток времени в напорном трубопроводе при образовании пробок из твердых сыпучих материалов (полное или частичное перекрытие сечений трубопроводной магистрали)
3	Нарушение (разрыв) вакуума во всасывающей трубе головной насосной станции (по разным причинам условий работы насоса)
4	Застывание в пространных между лопатками рабочего колеса грунтового насоса негабаритными частями твердых сыпучих материалов (или других посторонних, различных предметов, случайно попавших в насос при искусственном приемном зумпфе)
5	При отрицательной высоте всасывания головного грунтового насоса и при уменьшении его значения в значительной степени
6	При положительной высоте всасывания головного грунтового насоса и частном и быстром ее изменении в значительной степени
7	Нарушение рациональных последовательностей запуска и останова в последовательно включенных (по схеме «насос в насос») насосов в трубопроводной магистрали
8	Засыпание большого количества (объема) нерастворенного в жидкости воздуха из приемного зумпфа головной грунтовой насоса при значительном уменьшении высоты подпора
9	Неравномерная подача объема гидросмеси головной насосной станции от обогатительной фабрики или от другого объекта во всасывающей части при отрицательной высоте всасывания
10	Нарушение вакуума во всасывающей трубе плавучей грунтовой насосной станции или землесосного снаряда при их завале твердым сыпучим материалом в искусственных приемных зумпфах (объекты гидромеханизации)
11	Нарушение (разрыв) потока гидросмеси во всасывающей трубе головной насоса, работающего на положительной высоте всасывания, при подаче во всасывающей трубе большего, чем необходимого объема воздуха для регулирования режима работы гидротранспортной системы
12	Во время работы гидротранспортной системы непредусмотренные воздействия на основных узлах системы: на грунтовых насосах, трубопроводах, запорно-регулирующих арматурах
13	Во время эксплуатации напорной гидротранспортной системы при внезапном прекращении подачи электроэнергии головной или какой-нибудь промежуточной насосной станции (при включении насосов в трубопроводной магистрали по схеме «насос в насос»), а также при внезапной подаче электроэнергии
14	Неравномерное открытие и закрытие запорной-регулирующей трубопроводной арматуры за сравнительно значительный период эксплуатации

ПРИЧИНЫ И УСЛОВИЯ РАЗРЫВА ПОТОКА (НАРУШЕНИЯ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА) ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ ЖИДКОЙ СРЕДЫ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ В МАГИСТРАЛЬ (ПО СХЕМЕ «НАСОС В НАСОС») ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ

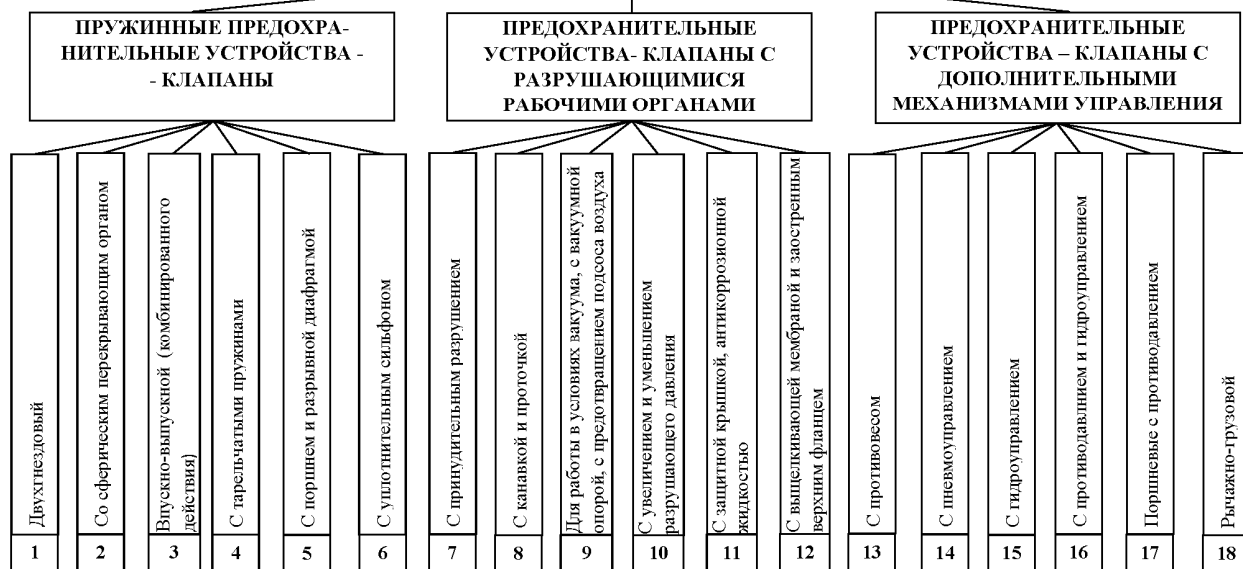
1	Нарушение вакуума во всасывающей трубе головного (всасывающего) насоса (по разным причинам в зависимости от конкретных условий работы)
2	Нарушение последовательности запуска и останова последовательно включенных насосов (по схеме «насос в насос») в магистральном трубопроводе
3	Нарушение вакуума во всасывающей трубе плавучей землесосной насосной установки или землесосного снаряда при ее завале грунтом (объекты гидромеханизации)
4	Закрытие обратного клапана при наличии нисходящего (наклонного) участка нагнетательного трубопровода в непосредственной близости за обратным клапаном
5	Быстрое закрытие обратного клапана во время останова гидротранспортной системы при существовании условия $P_0 - P > P_0 - P_0 = \Delta P - \sigma \cdot \rho \cdot g$ (где P_0 – абсолютное статическое давление при установившемся режиме; P – полное давление при гидравлическом ударе; ΔP – превышение давления при гидравлическом ударе над давлением установившегося режима; v_0 – средняя скорость транспортирования гидросмеси в трубопроводе при установившемся режиме; σ – скорость распространения волны гидравлического удара в трубопроводе; ρ – плотность транспортируемой по трубопроводу гидросмеси) отрыва потока от запорного органа обратного клапана
6	Повторное включение головного или промежуточных насосов за короткий промежуток времени после их аварийной остановки
7	Аварийная остановка головного (всасывающего) или промежуточных насосов (при последовательном включении в магистраль насосов по схеме «насос в насос») при внезапном прекращении подачи электропитания одному или нескольким из них
8	Разрыв сплошности потока гидросмеси во всасывающей трубе головной насоса, работающего с положительной высотой всасывания, в случае неправильного определения объема атмосферного воздуха, выпускаемого туда для регулирования режима работы насоса (в случае применения впуска воздуха во всасывающем патрубке для регулирования режима работы)
9	Пробокобразование в магистральном трубопроводе за короткий промежуток времени (быстрая закупорка трубопровода и перекрытие сечения трубопровода)
10	Захват определенного количества воздуха из приемного подпорного зумпфа (при работе головной насоса с отрицательной высотой всасывания) при значительном уменьшении высоты столба (уровня) гидросмеси в нем за короткий промежуток времени



ДЕМПФЕРЫ РЕЗКИХ ПОВЫШЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ



ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ (РАЗГРУЗОЧНЫЕ) УСТРОЙСТВА-КЛАПАНЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕЗКИХ ПОВЫШЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ



Основная часть

На рис. 1 рассмотрены причины и условия возникновения и развития нестационарных процессов и переходных режимов в напорных магистральных гидротранспортных системах, на рис. 2 – причины и условия разрыва потока (нарушения сплошности потока) транспортируемой жидкой среды в напорных трубопроводах магистральных гидротранспортных систем при индивидуальной работе и последовательном включении в магистраль (по схеме «насос в насос») центробежных грунтовых насосов.

Рассмотренные на рис. 2 причины и условия являются случайными, поэтому при эксплуатации аналогичных систем следует осуществить необходимые мероприятия для предотвращения их возникновения.

На рис. 3-5 рассмотрены способы и средства для защиты от резких повышений давления в напорных трубопроводах гидротранспортных систем.

Как было указано в введении, все причины были зафиксированы на реальных промышленных гидротранспортных системах. То же самое можно сказать по отношению способов и средств для защиты от резких повышений давления. Их эффективность и надежность установлена на аналогичных системах.

Трудно подробно рассмотреть все причины и условия, указанные по пунктам на рисунках 1 и 2, а также все способы и средства, указанные по пунктам на рисунках 3-5, в данной статье, так как этим вопросам посвящается вся наша научная и практическая деятельность. Для этой цели следует пользоваться нормативным руководством по защите напорных гидротранспортных систем от гидравлических ударов ВСН 01-81 [3], который разработан нами и основывается на результатах наших исследований.

Заключение

1. Напорные трубопроводные гидротранспортные системы находят широкое распространение во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства, из-за многих положительных свойств по отношению к традиционным видам транспорта.
2. Относительным недостатком аналогичных систем является то обстоятельство, что из-за специфики эксплуатации часто возникают нестационарные процессы и гидравлические удары, которые являются причиной серьезных аварий и отрицательно влияют на их технико-экономические показатели, а также причиной загрязнения окружающей среды. Исходя из этого, борьба против таких явлений является актуальной научно-технической проблемой, которой в Горном институте им. Г. А. Цулукидзе за многие годы ведутся фундаментальные широкомасштабные теоретические и экспериментальные исследования на полупромышленных лабораторных установках, а также крупных промышленных системах горнорудной, цементно-горной, строительной, энергетической, гидро-технической промышленности, на объектах гидромеханизации, а также сельского хозяйства.
3. На основе результатов этих исследований проведена классификация причин и условий возникновения нестационарных процессов и гидравлических ударов в магистральных трубопроводных гидротранспортных системах, а также способов и средств для предотвращения резких колебаний давления. На основе этих же исследований разработан нормативный руководящий документ по защите напорных гидротранспортных систем от гидравлических ударов ВСН 01-81.

ლიტერატურა

1. Makharadze L.I. Devices for damping sudden increases in pressure pipelines. Series: Machines and mechanisms. TsNIIS. Moscow. 1977, 53 p. (in Russian).
2. Makharadze L.I. Effective remedies of protection of pressure pipelines against water hammers. Domestic and foreign experience. TsNIIS. Moscow. 1979, 67 p. (in Russian).
3. Makharadze L.I. The guide for protection of the pressure hydrotransport systems against water hammers of BCH 01-81. Tbilisi: "Metsniereba". 1981, 151 p. (in Russian).
4. Makharadze L.I., Kirmelashvili G.I. Nonstationary processes in foreign hydrotransport systems and protection from water hammers. Tbilisi: "Metsniereba". 1986, 152 p. (In Russian).
5. Dmitriev G., Makharadze L., Gochitashvili T. Pressure hydrotransport system. Manual. Moscow: "Nedra". 1991, 304 p. (in Russian).
6. Borokhovich A.I., Makharadze L.I., Kutsia M.T. Reliability of pressure hydrotransport system. University of Krasnoyarsk. Krasnoyarsk. 1992, 224 p. (in Russian).
7. Makharadze L.I. Protection of hydrotransport systems against hydraulic impact. Tbilisi: "Metsniereba". 1996, 150 p. (in Russian).
8. Makharadze L.I., Kirmelashvili G.I. Hydraulic impact in pipelines at transportation of multiphase hydromixes. Tbilisi: "Metsniereba". 1997, 232 p. (in Russian).
9. Makharadze L.I. About the strength analysis of pressure pipeline of hydrotransport systems taking into account influence of ongoing hydrodynamic processes. Works of GTU. №2(508). Tbilisi. 2018, 60-65 pp. (in Russian).
10. Makharadze L.I. Calculation methodology of economic efficiency achieved by the introduction of the research results, related to the protection from the hydraulic shocks on the large industrial pressure pipeline hydrotransport systems. Works of GTU. №4(510). Tbilisi. 2018, 97-108 pp. (in Russian).
11. Makharadze L.I. Free combined air – as an effective remedy for water hammers attenuation in the pressure head hydrotransport systems. Works of GTU. №3(513). Tbilisi. 2019, 78-85 pp. (in Russian).

UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

მაგისტრალურ მილსადენ ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებში გარდამავალი პროცესებისა და ჰიდრაულიკური დარტყმების განვითარების მიზეზებისა და პირობების, აგრეთვე წნევების მკვეთრად გაზრდის საწინააღმდეგო ხერხებისა და საშუალებების კლასიფიკაცია

ლეონ მახარაძე სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

გ. ყირმელაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: gkirmelashvili@gtu.ge

ა. ბეჟანიშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: bezhanishvili@gmail.com

ანოტაცია. სადაწნეო მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის მრავალ სფეროში, რაც განპირობებულია მისი მრავალი დადებითი ფაქტორით, ტრანსპორტის სხვა ტრადიციულ სახეობებთან შედარებით. მის ერთ-ერთ უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს ის ფაქტორი, რომ, დანიშნულებისა და ექსპლუატაციის სპეციფიკურობიდან გამომდინარე, ანალოგიურ სისტემებში ხშირად აქვს ადგილი არასტაციონარული პროცესებისა და ჰიდრაულიკური დარტყმების წარმოქმნას და განვითარებას, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს სისტემის ეფექტურობასა და, შესაბამისად, ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე, რადგან ადგილი აქვს სერიოზულ ავარიებს არასასურველი შედეგებით. ამდენად, მათ წინააღმდეგ ბრძოლა მეტად აქტუალური სამეცნიერო და საინჟინრო პრობლემაა, რომელთანაც დაკავშირებული საკითხების გადაჭრას მიეძღვნა გრ. წულუკიძის სახელობის სამთო ინსტიტუტში შესრულებული როგორც თეორიული, ისე ექსპერიმენტული ფუნდამენტური კვლევები ნახევრად სამრეწველო ლაბორატორიულ დანადგარებსა და მსხვილ სამრეწველო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემებზე. სწორედ ამ კვლევების შედეგების განზოგადებას ეფუძნება ამ ნაშრომში განხილული საკითხები.

საკვანძო სიტყვები: არასტაციონარული პროცესები; გრუნტის ტუმბოები; სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო სისტემები; სადაწნეო მილსადენები; ჰიდრაულიკური დარტყმები; ჰიდრაულიკური დარტყმების ჩამქრობი; ჰიდრაულიკური დარტყმების დემპფერები.

UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

Classification of causes and conditions of development of nonstationary processes and water hammers in main pipeline hydraulic transport systems, as well as the methods and means preventing pressure surge

Leon Makharadze Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str.
0160, Tbilisi, Georgia
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Reviewers:

G. Kirmelashvili, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: gkirmelashvili@gtu.ge

A. Bezhanishvili, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: bezhanishvili@gmail.com

Abstract. At the moment, pressure hydrotransport systems are widely used in many sectors of industry, which is predetermined by many positive factors, compared to other traditional means of transport. However, specific nature of the exploitation and operation, similar systems often produce nonstationary processes and hydraulic shocks, which negatively affects the system efficiency and technical-economic indicators, as they often cause serious accidents and deterioration of the performance of similar systems. Therefore it represents a rather urgent scientific and engineering challenge. Appropriate theoretical and experimental fundamental studies on semi-industrial lab equipment and large industrial hydrotransport systems performed at G. A. Tsulukidze Mining Institute were dedicated to the resolution of the issues related to them. The paper reviews the issues concerning the generalization of above mentioned studies' results.

Key words: Hydraulic shocks; hydraulic shock alleviator; hydraulic shock dampers; nonstationary processes; pressure hydrotransport systems; pressure pipelines; soil pumps.

Дата рассмотрения 24.10.2019

Дата поступления 01.11.2019

Подписано к печати 26.03.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-143-151>

გუმბათის ჯვარი

(მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის ისტორიისთვის)

ირაკლი ქვარაია სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: irakvara@yahoo.com

ლიანა გიორგობიანი არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. სანიკიძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი, ხელოვნებათმცოდნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

ნ. მსხილაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

ანოტაცია. ჯვარი, ერთ-ერთი უძველესი სიმბოლო-ნიშანი, მრავალ რელიგიასა და კულტურაში გვხვდება. როგორც ქრისტიანთა მთავარი სიმბოლო, ის IV საუკუნიდან მკვიდრდება, რაც გოლგოთაზე ქრისტეს ჯვარცმასთანაა დაკავშირებული.

ქართულ ხუროთმოძღვრებაში ჯვრის თემამ უდიდესი გავლენა მოხდინა ტაძრის დაგეგმარებით-მოცულობითი სტრუქტურის ჩამოყალიბებაზე. ამავე დროს, სხვადასხვა ფორმის ჯვრის გამოსახულება საკულტო ნაგებობის საფასადე და შიგა სივრცის დეკორის სავალდებულო შემადგენელი ელემენტი ხდება. უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ტაძრის

გუმბათზე აღმართულ ჯვარს, რომელიც ნაგებობის დასრულების ნიშანი, სიმბოლურად მისი ზეციური გვირგვინით შემკობაა და დამოუკიდებელი მხატვრულ-კონსტრუქციული ელემენტი.

ყოველი ახალი ქრისტიანული ტაძრის აგებისას, მისი არქიტექტურული სახის თვითმყოფადობის უზრუნველყოფასთან ერთად, განსაკუთრებული ყურადღება ტაძარზე აღსამართი ჯვრის მხატვრულ გაფორმებას ექცევა. თბილისში, მახათას მთაზე, ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძარზე აღმართულ ჯვარს სრულიად ახლებური მხატვრულ-კონსტრუქციული გადაწყვეტა აქვს და საქართველოს ტაძრებზე აღმართულ ჯვრებს შორის ყველაზე დი-

დი წონისაა. ყველა სხვა გუმბათის ჯვრებისგან გამოირჩევა მხატვრული გაფორმებით, ორიგინალურობითა და დახვეწილი პროპორციებით.

საკვანძო სიტყვები: გუმბათი; თითბერი; სახურავი; ტაძარი; ჯვარი.

შესავალი

ჯვარი, ერთ-ერთი უძველესი სიმბოლო-ნიშანი, მრავალ რელიგიასა და კულტურაში გვხვდება. სამეცნიერო ლიტერატურაში ქრისტიანობამდელი ჯვრის წარმოშობისა და მისი შინაარსის შესახებ სხვადასხვა მოსაზრებაა გამოთქმული. საზოგადოდითვლება, რომ ის სამყაროს ოთხი მხარის აღმნიშვნელი უნდა იყოს. საქართველოს ტერიტორიაზე ყველაზე ადრეული ჯვრის გამოსახულებები ჯერ კიდევ ზედა პალეოლითის ხანიდან გვხვდება და, სავარაუდოდ, მზის სიმბოლო-ნიშნებია. ჯვარს უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ძველი ხალხის ყოფაცხოვრებაში. ტერმინი ჯვარი ღვთაების მნიშვნელობითაც იხმარებოდა წინაქრისტიანულ საქართველოს მთიანეთში. ჯვარს სხვადასხვა გრაფიკული გამოსახულება აქვს, მაგ., ტოლმკლავა, სწორმხრებიანი, სამკუთხედებით შედგენილი, შეიძლება იყოს წრიულ ჩარჩოში, კვარცხლბეკზე შესმული, განედლებული და სხვა. მიუხედავად ასეთი მრავალფეროვნებისა, მათ მაინც მსგავსი ხაზობრივ-სტრუქტურული აგებულება აქვს, გრძელ ვერტიკალურ ღეროს პერპენდიკულარულად გადაეჭდობა მეორე მოკლე ღერო.

ჯვარი, როგორც ქრისტიანთა მთავარი სიმბოლო, IV საუკუნიდან მკვიდრდება, რაც გოლგოთაზე

ქრისტეს ჯვარცმასთანაა დაკავშირებული. ქრისტიანობის პირველ წლებში ჯვარი მორწმუნეებში შიშს იწვევდა. დროთა განმავლობაში რომის იმპერიაში დამნაშავეთა დასჯისთვის განკუთვნილი ეს იარაღი გამარჯვების, სიწმინდისა და ხსნის სიმბოლოდ იქცა. ცხოველმყოფელი ჯვარი, რომელზეც მაცხოვარი ეწამა, IV საუკუნეში აღმოაჩინეს ბიზანტიის იმპერატორ კონსტანტინეს დედამ – ელენემ და იერუსალიმის ეპისკოპოსმა მაკარმა. კონსტანტინეს ბრძანებით, იერუსალიმში აშენდა ქრისტეს აღდგომის ტაძარი, რომელიც 335 წლის 13 სექტემბერს იკურთხა, ხოლო 14 სექტემბერს (ახალი სტილით 27 სექტემბერს) მოხდა ჯვრის აღმართვა ანუ ამალღება. ეს დღე გამოცხადდა ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ქრისტიანულ დღესასწაულად – ჯვართამაღლებად. მას შემდეგ ჯვარი, როგორც მაცხოვრის სიმბოლო და კაცობრიობის ხსნის ნიშანი, ყველა ქრისტიანული ტაძრის განუყოფელი და უმთავრესი ატრიბუტია.

ქართულ ხუროთმოძღვრებაში ჯვრის თემა წამყვან ადგილს იკავებს ქრისტიანობის მიღების ადრეულ ეტაპზე (ჯვრის, როგორც ქრისტიანობის სიმბოლოს, დამკვიდება საქართველოში წმინდა ნინოს სახელთანაა დაკავშირებული). მან უდიდესი გავლენა მოახდინა ტაძრის დაგეგმარებით-მოცულობითი სტრუქტურის ჩამოყალიბებაზე. ამავე დროს, სხვადასხვა ფორმის ჯვრის გამოსახულებები საკულტო ნაგებობის საფასადე და შიგა სივრცის დეკორის სავალდებულო შემადგენელი ელემენტი ხდება. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ტაძრის გუმბათზე აღმართულ ჯვარს, რომელიც ნაგებობის დასრულების ნიშანი, სიმბოლოურად მისი ზეციური გვირგვინით შემკობაა და ზეიმით აღინიშნება. ასეთ დიდ

დღესასწაულად იქცა თბილისში, მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის გუმბათზე ჯვრის დადგმა, რომელიც 2015 წლის 21 სექტემბერს, ღვთისმშობლის შობის დღეს კათოლიკოს-პატრიარქის ლოცვა-კურთხევით აღიმართა.

ძირითადი ნაწილი

გუმბათოვან საკულტო ხუროთმოძღვრებაში ნაგებობის წრიულ (როტონდა) ან ჯვრის ფორმას თეოლოგიურ-სარწმუნოებრივი საფუძველი და მნიშვნელობა აქვს, წრე რწმენის ერთიანობას, ხოლო ჯვარი მარადიულ სიცოცხლეს გამოხატავს. ტაძრის შიგა მოცულობა, მისი სივრცე მთელი სამყაროს, ხოლო გუმბათი ცის გამოხატულებაა. ფორმის მიხედვით, ქრისტიანული ტაძრის გუმბათის გადახურვა შეიძლება სფერული, ჩაფხუტისებრი (სფერულ-კონუსური), ბოლქვისებრი, კონუსური და კარვისებრი ფორმის იყოს. ბიზანტიური კულტურისათვის სფერული იყო დამახასიათებელი, როგორც სიძლიერისა და მარადისობის სიმბოლო. ბიზანტიასა და ევროპის მრავალ ქვეყანაში გავრცელებული იყო ასევე ტაძრის გუმბათების ჩაფხუტისებრი სახურავით გადახურვა, რაც სიკეთისა და ბოროტების დაუსრულებელი ბრძოლის სიმბოლოს წარმოადგენდა. ბოლქვისებრი გადახურვა სლავური ქვეყნებისთვისაა დამახასიათებელი. იგი ანთებულ წმინდა სანთელს და ზეცისკენ ლტოლვას განასახიერებს. კონუსური სახურავი ზეციური სინათლისა და ღვთისმშობლის იმედის სიმბოლოა. აღსანიშნავია, რომ სლავურ საკულტო არქიტექტურაში სიმბოლური დატვირთვა ენიჭება ასევე გუმბათის სახურავის ფერსაც: ყველაზე გავრცელებულია ოქროსფერი, რომელიც ქრისტეს მარადისობას

და ზეციურ დიდებას განასახიერებს; ლურჯი ფერი ღვთისმშობლის სიწმინდისა და უმანკოების გამომხატველია. მისადმი მიძღვნილი ტაძრების ლურჯ სახურავებზე ხშირად ვარსკვლავებია გამოსახული, რაც შობას გამოსახავს; მწვანე ფერი სულიწმინდის ნიშანია; წმინდანთა სახელზე აგებული ტაძრების გუმბათების სახურავებს სიწმინდის ფერი – ვერცხლისფერი აქვს; შავი იშვიათია და სამონასტრო ნაგებობებისთვისაა დამახასიათებელი, ხოლო გუმბათების სხვადასხვა ფერი – იერუსალიმის ცის მშვენიერებაზე მიუთითებს.

ასევე განსხვავებულია ქრისტიანული ტაძრების გუმბათების და, შესაბამისად, მათზე აღმართული ჯვრების რაოდენობაც. გუმბათების სიმრავლე განსაკუთრებით თვალში საცემია სლავურ (ძირითადად რუსულ) არქიტექტურაში. მათ რაოდენობას ყოველთვის განსაზღვრავს, ვის სახელზეა აგებული ტაძარი. მაგალითად, რუსეთში, ვოლგორადის ოლქში აღმართული ფერისცვალების სახელობის ტაძარი ყველაზე მრავალრიცხოვანი, ოცდაცამეტგუმბათიანია (სურ.1). იგი ქრისტეს მიწიერი ცხოვრების წლებს ასახავს.

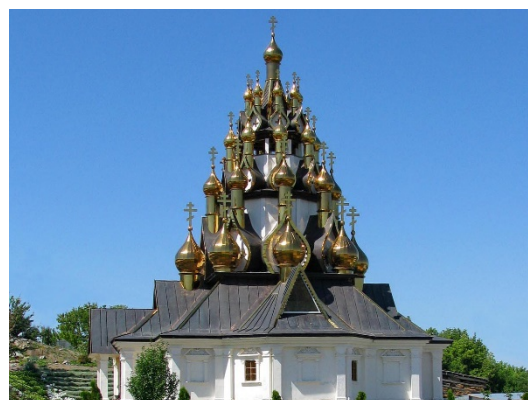
საქართველოში, მთელი ქრისტიანული სამყაროს მსგავსად, საეკლესიო ნაგებობის ძირითადი ტიპები ბაზილიკური, ცენტრული გეგმის გუმბათოვანი და ერთნავიანი დარბაზული ეკლესიებია გავრცელებული. როგორც წესი, გუმბათოვან ტაძრებს, რომელიც წამყვანი თემა ხდება ქართულ ხუროთმოძღვრებაში VI საუკუნიდან, მხოლოდ ერთი ე.წ. ყელზე, ყველა გუმბათოვანი ეკლესიის დამაგვირგვინებელ წახნაგოვან კონსტრუქციაზე აღმართული გუმბათი აგვირგვინებს და პირამიდული სახურავით სრულდება (გვაქვს გამონაკლისე-

ბიც). ამჟამად, ქვეყანაში არსებული 3500-ზე მეტი დიდი თუ მცირე ეკლესია-მონასტრებიდან, მხოლოდ ერთადერთს, VIII საუკუნის გურჯაანის ღვთისმშობლის მიძინების ეკლესიას (გურჯაანის ყველაწმინდა) აქვს სამნავიანი ბაზილიკა ორი გუმბათით (სურ. 2). მისი აგება ქართული არქიტექტურის ისტორიაში ცნობილ ე.წ. „გარდამავალ ხანას“ (VII საუკუნის მეორე ნახევრიდან X საუკუნის მეორე ნახევრამდე) ემთხვევა, როდესაც ხდება კლასიკური არქიტექტურული ფორმების უკუგდება და იწყება ახალი შემოქმედებითი გზების ძიება. გურჯაანის ყველაწმინდა ბაზილიკური სივრცისა და გუმბათოვანის, ქართულ ხუროთმოძღვრებაში თითქოს შეუთავსებელი ორი ელემენტის შერწყმაა. ამიტომაც, ის სრულიად უნიკალური.

ქრისტიანული ტაძრების გუმბათების გადახურვის დამაგვირგვინებელი მხატვრულ-კონსტრუქციული ელემენტია ჯვარი. იგი მრავალი ფორმისა და კონფიგურაციისაა. მართლმადიდებლობაში ჯვრების მრავალფეროვნება ყოველთვის ითვლებოდა და ახლაც ითვლება სავსებით კანონზომიერ მოვლენად. ამასთან ერთად, ყველაზე გავრცელებულია ე.წ. ლათინური ჯვარი (მას სიდიდით ერთმანეთის ტოლი ზედა სამი და ქვედა საგრძნობლად გრძელი მკლავი აქვს). ქრისტიანული ტრადიციის მიხედვით, ასეთი ჯვრიდან მოხდა ქრისტეს გარდამოხსნა და ხშირად „გარდამოხსნის ჯვარსაც“ უწოდებენ.

არქიტექტურული პროპორციების გათვალისწინებით, ტაძარზე აღსამართი ჯვარი დაახლოებით ტაძრის სიმაღლის მეათედს უნდა შეადგენდეს. ის დამოუკიდებელი კონსტრუქციული ელემენტია, რომელიც ძირითადად ლითონისაგან მზადდება

და მხატვრულად სრულიად სხვადასხვაგვარად შეიძლება იყოს გაფორმებული. ჯვრის კონსტრუქციული გადაწყვეტის მთავარი პირობაა, რომ იგი იყოს აბსოლუტურად მტკიცე და მდგრადად ჩამაგრებული.



სურ. 1. 33-გუმბათიანი ფერისცვალების ტაძარი ვოლგოგრადის ოლქში



სურ. 2. გურჯაანის ყველაწმინდა ორგუმბათიანი ბაზილიკა

ტაძარზე აღმართული ჯვარი, როგორც წესი, აუცილებლად სფეროს ეყრდნობა, რომელიც სამყაროს განასახიერებს. ზოგიერთ ჯვარზე სფეროსთან ერთად ვხვდებით ნახევარმთვარესაც (სურ.3). აღსანიშნავია, რომ ეს დეტალი არ არის დაკავშირებული ისლამთან ან მის რაიმე გავლენასთან. ნახევარმთვარე იყო ბიზანტიის სახელმწიფოს სიმბოლო და იმპერატორის უსაზღვრო ძალაუფლებას გამო-

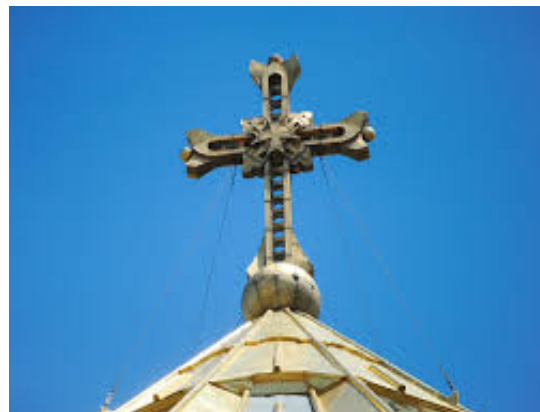
ხატავდა. მხოლოდ 1453 წელს, კონსტანტინოპოლის თურქების მიერ აღების შემდეგ, ხდება ოსმალეთის იმპერიის ოფიციალური ემბლემა. აქედან გამომდინარე, ჯვარზე არსებული ნახევარმთვარე ქრისტეს მეფობას და მის ზეადმატებულებას უსვამს ხაზს.



სურ.3. ტაძარზე აღმართული ჯვარი სფეროთი და ნახევარმთვარით

ყოველი ახალი ქრისტიანული ტაძრის აგებისას, არქიტექტურული სახის თვითმყოფადობის უზრუნველყოფასთან ერთად, განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ტაძარზე აღსამართი ჯვრის მხატვრულ გაფორმებას. საქართველოში არსებულ ტაძრებს მრავალი ლამაზი, მაღალ მხატვრული ღირსების მქონე ჯვარი ამშვენებს. მათ შორის ყველაზე მაღალი და სილამაზით გამორჩეულია თბილისში, წმინდა სამების საკათედრო ტაძარზე აღმართული ჯვარი, რომლის სიმაღლე 7,5 მეტრია, ხოლო მასა – 2000 კგ. იგი დამზადებულია ლითონის პროფილებისგან. სამების ჯვარი მხატვრულად დამუშავებული ლითონის ულამაზესი ელემენტებითაა გაფორმებული. მისი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური პროფილები ერთმანეთს განივი ტიხრებით უკავშირდება, რაც, კონსტრუქციის შემ-

სუბუქებასთან ერთად, ხელს უწყობს მისი მდგრადობის ამაღლებას. ჯვარი მთლიანად მოქრულია ოქროს ფურცლების გამოყენებით (სურ. 4).



სურ. 4. სამების საკათედრო ტაძარზე აღმართული ჯვარი

თბილისში, მახათას მთაზე, ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის პროექტის ავტორმა, არქიტექტორმა ომარ ნაფეტვარიძემ დაამუშავა ტაძრის ჯვრის სრულიად ახლებური მხატვრულ-კონსტრუქციული გადაწყვეტა. თავისი ფორმით ის განსხვავდება სხვა ჯვრებისგან. კომპოზიციის ცენტრს ქმნის დიდი წრე, რომლის გარშემო განლაგებულ მკლავებში სხვადასხვა ზომის მომცრო წრეებია ჩასმული და სამ-სამი წაგრძელებული ფორმის ფურცლით სრულდება. ჯვრის დამაბოლოებელი მცენარეული ორნამენტის ტალღოვანი მოხაზულობა, დიდი და პატარა წრეების დინამიკური მონაცვლეობა მსუბუქ, დახვეწილ იერს ანიჭებს მთელ მოცულობით-დეკორაციულ კომპოზიციას და ჯვრის გამორჩეულ მხატვრულ სახეს ქმნის. ამავე დროს, სხვადასხვა ფორმისა და ზომის სიცარიელის გამოყენებით, ჯვრის სილამაზისა და ორიგინალურობის გარდა, მიღწეულ იქნა საერთო წონისა და მასზე მოქმედი ქარის დატვირთვის ზე-

მოქმედების საგრძნობი შემცირება. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ მსგავსი კონსტრუქციის მიღება, მისი ფორმების სირთულიდან გამომდინარე, მხოლოდ ჩამოსხმის გზით იყო შესაძლებელი. ჯვარი საქართველოს თავდაცვის სამინისტროს მიერ უსასყიდლოდ გადაცემული თითბრის გასროლილი საარტილერიო ჭურვების მასრების გადადნობით ჩამოიხსა. შედეგად, 5,1 მ სიმაღლის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის ტაძრის ჯვარი საქართველოში აქამდე ჩამოსხმულებს შორის ყველაზე დიდია, ხოლო მისი წონა სამების საკათედრო ტაძარზე აღმართული ჯვრის წონასაც აღემატება და 3000 კგ-ზე მეტს შეადგენს.

მნიშვნელოვანი გაბარიტული ზომებიდან გამომდინარე, ჯვრის ჩამოსხმა ცნობილმა ოსტატებმა – მამა-შვილმა ოლეგ და პაატა გელაშვილებმა ეტაპობრივად განახორციელეს. ჩამოსასხმელი მაკეტის წინასწარ აგების შემდეგ მოხდა ჯვრის ოთხი ძირითადი ნაწილის ცალ-ცალკე ჩამოსხმა და დამუშავება (სურ. 5).



სურ. 5. ჯვრის ცალკეული ნაწილების ჩამოსხმა

მომდევნო ეტაპს წარმოადგენდა ჯვრის ნაწილების კედლებს შორის ჩასასმელი სხვადასხვა ზომის წრის ჩამოსხმა და მათი დამონტაჟება (სურ. 6).



სურ. 6. ჯვრის ჩამოსხმული წრეების დამონტაჟება

ტაძრის გუმბათის თავზე სპეციალურად აგებულ ჩამაგრების კვანძამდე ჯვრის აწევამდე მისი ოთხივე ძირითადი ნაწილი ცენტრალური წრის გარშემო გაერთიანდა. ჯვრის ქვედა ფეხში ჩამოსხმის პროცესშივე ჩამონტაჟდა ჩასამაგრებელი მილი, რომელიც გამოყენებული იყო ასევე საყრდენი სფეროს მოსაწყობად (სურ. 7).



სურ. 7. ჯვრის აღმართვა

დასკვნა

ჯვარი ქრისტიანული ტაძრის გუმბათის გადახურვის დამაგვირგინებელი დამოუკიდებელი მხატვრულ-კონსტრუქციული ელემენტია, როგორც ქრისტიანთა მთავარი სიმბოლო. ჯვარი IV საუკუნიდან მკვიდრდება და მხატვრულად სხვადასხვანაირად შეიძლება იყოს გაფორმებული, მაგრამ,

მრავალფეროვნების მიუხედავად, მაინც მსგავსი ხაზობრივ-სტრუქტურული აგებულება აქვს.

ჯვრის თემამ უდიდესი გავლენა იქონია ქართული გუმბათოვანი ხუროთმოძღვრების დაგეგმვრებით-მოცულობითი სტრუქტურის ჩამოყალიბებაზე. გუმბათი ქრისტიანულ ეკლესიებში ცის გამოხატულებაა, რომელიც ჯვრით, სიმბოლურად ზეციური გვირგვინითაა შემკული.

თბილისში, მახათას მთაზე, ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძარზე აღმართულ

ჯვარს სრულიად ახლებური მხატვრულ-კონსტრუქციული გადაწყვეტა აქვს და საქართველოს ტაძრებზე აღმართულ ჯვრებს შორის ყველაზე დიდი წონისაა (3000 კგ-ზე მეტი), ამასთან, ის ყველაზე დიდი ჩამოსხმული ჯვარია აქამდე ჩამოსხმულთა შორის. მისი სიმაღლე 5,1 მეტრია. ყველა სხვა გუმბათის ჯვრისგან გამორჩეულია მხატვრული გაფორმებით, ორიგინალურობითა და დახვეწილი პროპორციებით.

ლიტერატურა

1. Kvaraia I., Giorgobiani L. The biggest church bell cast in Georgia. GTU works. No. 2 (512). 2019. (in Georgian).
2. Kvaraia I., Giorgobiani L. A new decoration solution for the front door of the temple. GTU works. No. 2 (512). 2019. (in Georgian).
3. Kvaraia I. Methods of construction and realization of reinforced concrete dome roofing systems. Tbilisi: "Technical University". 2017. (in Georgian).
4. Dighmelashvili Q. Christian symbols of I-VI centuries in Georgia. Tbilisi University publication. 2010. (in Georgian).
5. Mshvildadze M. Early Christianity in Georgia. Tbilisi: "Universal Publishing House". 2008. (in Georgian).
6. Kipiani G. Basilica of King Mirian. Issues in Georgian architecture theory and history. Tbilisi: "Georgian Technical University". 2007. (in Georgian).
7. Surguladze I. Symbols of Georgian folk ornament. Tbilisi: "Science Publishing House". 1986. (in Georgian).
8. Zakaraia P. The architecture of Urbnisi settlement. Tbilisi: "Science". 1965. (in Georgian).
9. Beridze V. Georgian church architecture of XVI-XVIII centuries. Tbilisi. 1994. (in Georgian).
10. Lortkipanidze G. Bichvinta town. Tbilisi: "Technical University Press". 1991. (in Georgian).
11. Beridze V. Old Georgian architecture. Tbilisi. 1974. (in Georgian).
12. Sanikidze T. Notes on some issues in the history of Georgian architecture. "Mnatobi". No. 11. 1973. (in Georgian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Dome Cross

(For the History of the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount)

Irakli Kvaraia Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, 68 b M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: irakvara@yahoo.com

Liana Giorgobiani Department of Fundamentals of Architecture, Georgian Technical University, 68 a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

T. Sanikidze, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

N. Mskhiladze, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Abstract. A cross is one of the oldest symbols that can be found in many religions and cultures. Connected to the crucifixion of Jesus on Golgotha, a cross was established as the main symbol of Christianity in the IV century.

The theme of a cross had the biggest influence on forming the structure of the design and spatial organization in Georgian architecture. At the same time, images of crosses in various forms have become necessary elements of facade and interior decorations of Christian buildings. A cross on a dome is a sign of completing a church, symbolically adorning it with a heavenly crown, and it is an independent creative and constructional element.

When building a new Christian church, together with creating distinctiveness of its architecture, particular attention is paid to the decoration of a dome cross. The cross on the Iveria Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount in Tbilisi has a novel styling and constructional decision. It is also the heaviest among the crosses mounted on the churches of Georgia. With its decoration, originality and refined proportions, it is distinguished among other crosses on domes.

Key words: Brass; church; cross; dome; roof.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Купольный крест

(к истории церкви имени Иконы Иверской Божьей Матери на горе Махата)

Ираклий Кварая Департамент технологии гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: irakvara@yahoo.com

Лиана Гиоргобиани Департамент основ архитектуры и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

Т. Саникидзе, профессор, доктор искусствоведческих наук факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

Н. Мсхиладзе, профессор строительного факультета

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Аннотация. Крест, один из древнейших символов во многих религиях и культурах. Как главный символ христианства, он датируется 4-м веком и связан с распятием Христа на Голгофе.

В грузинской архитектуре тема креста оказала большое влияние на формирование структуры храма. В то же время, изображения крестов становятся обязательным элементом фасада и внутреннего убранства культовых зданий. Большое значение имеет крест и на куполе храма, которое является признаком достройки здания, символически является его небесной короной и представляет собой самостоятельный художественно-структурный элемент.

При строительстве каждого нового христианского храма, наряду с его архитектурной самобытностью, особое внимание уделяется художественному оформлению креста, который будет воздвигнут на куполе. Крест собора иконы Иверской Божьей Матери на горе Махата выделяется среди всех других купольных крестов своим художественным дизайном, оригинальностью и изысканными пропорциями.

Ключевые слова: крест; крыша; купол; латунь; храм.

განხილვის თარიღი 11.11.2019

შემოსვლის თარიღი 09.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-152-160>

მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის საკურთხეველი და მისი მხატვრული გაფორმება

- ირაკლი ქვარაია** სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი მასალების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: irakvara@yahoo.com
- ლიანა გიორგობიანი** არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

რეცენზენტები:

თ. სანიკიძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი, ხელოვნებათმცოდნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

ნ. მსხილაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

ანოტაცია. ქრისტიანულ ტაძარში საკურთხეველს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. ის ზეციურ სამყაროს, სამოთხეს განასახიერებს. უდიდესი სულიერი მნიშვნელობა აქვს მის შემადგენელ მცირე არქიტექტურულ ფორმებსაც: ტრაპეზს, კანკელს, აღსავლის კარს და ა.შ. აქ შევხებით მახათას მთის ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის წმინდა ადგილს – საკურთხეველს და მისი ცალკეული ელემენტების არქიტექტურულ-მხატვრულ გადაწყვეტას, რომელიც მხატვრული გაფორმების მხრივ ერთ-ერთი გამორჩეულია საქართველოში.

ტაძრის მთავარი ტრაპეზი მთლიანი ქვის ფილაშია შესრულებული და ყველაზე დიდია საქართველოს ტაძრებში აქამდე არსებულებთან შედარებით. მისი საყრდენი ნაწილი ძველ რომაულ სტილშია გადაწყვეტილი, რაც არ გვხვდება საქართველოს სხვა ტაძრებში. ტრაპეზს განსაკუთრებულ მდიდრულ იერს აძლევს მის გვერდებზე ამოკვეთილი ფურცლოვანი ოქროთი დაფარული ღვთისმშობლის ლოცვა. ყურადღებას იქცევს ტრადიციული ფორმის კანკელის აღსავლის კარის დეკორის თავისებურებაც. ოსტატი განსხვავებულად უდგება კარის შემკულობას საკურთხეველისა და ინტერიერის მხრიდან.

დასასრულ, არ შეიძლება ხაზი არ გაესვას ღვთისმშობლის ხატის ტაძრის საკურთხევლის არქიტექტურული ფორმების დეკორის შესრულების განსაკუთრებით მაღალ დონეს, რაც საქართველოში ქვაზე ჭრისა და ხეზე კვეთის მაღალ კულტურაზე მიუთითებს.

საკვანძო სიტყვები: კანკელი; კარი; მარმარილო; მოზაიკა; ორნამენტი; საკურთხეველი; ტრაპეზი.

აგებული კოლონადა, მის შიგნით 3–4 მ სიმაღლეზე მდებარე საკურთხეველით (სურ. 1).



სურ. 1. პერგამონის საკურთხეველი

შესავალი

ქრისტიანული ტაძრის აღმოსავლეთ ნაწილში მდებარე საკურთხეველი (ლათ. Aaltare - სამსხვერპლო) ძირითადი სივრციდან გამოყოფილი ამდლებული ადგილია. შობამდე მრავალი საუკუნით ადრე, ღმერთების რისხვის ასაცილებლად და მათი მფარველობის მოსაპოვებლად, პირველი სამსხვერპლოები იგებოდა შემის ზვინისგან და მას მსხვერპლთან ერთად წვავდნენ. შემდეგ მსხვერპლის შესაწირად დაიწყეს ღია ცის ქვეშ თიხის, ქვის ან სხვა ხელმისაწვდომი მასალებისგან შემადლების მოწყობა, რომელმაც დროთა განმავლობაში არქიტექტურული ფორმა მიიღო. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ძვ.წ. II საუკუნეში ძველი საბერძნეთის ქალაქ პერგამონში (დღევანდელი თურქეთი) აგებული საკურთხევლის სტრუქტურა. იგი პერგამონის მეფე ატალ I-მა (გავრცელებული ვერსიით ევმენ II) მიუძღვნა ზევსს, კელტებთან ომის მოგების აღსანიშნავად. გრანდიოზული შენობა, ზომით 36,44 X 34,20 X 9,0 მ იყო მაღალ, 40-საფეხურიან ცოკოლზე

ქრისტიანულ ტაძარში საკურთხეველს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. ის ზეციურ სამყაროს, სამოთხეს განასახიერებს. უდიდესი სულიერი მნიშვნელობა აქვს მის შემადგენელ მცირე არქიტექტურულ ფორმებსაც: ტრაპეზს, კანკელს, აღსავლის კარს და ა.შ. ქრისტიანობის პირველ საუკუნეებში აგებულ ტაძრებში საკურთხეველი მხოლოდ ამდლებით გამოირჩეოდა ძირითადი სივრცისგან. ნაოსისგან საკურთხევლის გამოსაყოფად ფარდის – კრეტსაბმელის დაკიდება IV საუკუნეში ბასილი დიდის დროს დაიწყო. მალევე, ფარდასთან ერთად, თავისებური ტიხრის-კანკელის აგება დაიწყეს, რომელიც თავდაპირველად დაბალი კედელი იყო (მაგ., IV საუკუნით დათარიღებული ზებედას (სირია) ეკლესიის კანკელი დაბალი პარაპეტი იყო, სვეტებისა და თავების გარეშე). 1054 წელს ქრისტიანულ რელიგიაში მომხდარი დიდი განხეთქილების (დიდი სქიზმა) შემდეგ მართლმადიდებელ ეკლესიებში კანკელის ცენტრალური ნაწილი აღსავლის ანუ სამეფო ორფრთიანმა კარმა დაიკავა, როგორც სამოთხის

კარის სიმბოლომ. ამავე დროს მკვიდრდება სამნაწი-
ლედ საკურთხეველიც პასტოფორიებში, სადიაკვა-
ნოსა და სამკვეთლოში ცალ-ცალკე შესასვლელი კა-
რით. ქრისტიანული ტაძრის საკურთხეველის აუცი-
ლებელი შემადგენელი ელემენტია წმიდა ტრაპეზი –
მაგიდა, რაზეც ზიარების საიდუმლო მზადდება.
ქვის ან ხის ოთხკუთხა ფორმის ტრაპეზი საკურთ-
ხეველის შუაგულში თავსდება ან აფსიდის ცენტრა-
ლური სარკმლის ქვეშ კედელზეა მიდგმული.

ამრიგად, წინამდებარე სტატია მახათას მთის
ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძრის
წმინდა ადგილს – საკურთხეველს და მისი ცალკეუ-
ლი ელემენტების არქიტექტურულ-მხატვრულ გა-
დაწყვეტას ეხება.

ძირითადი ნაწილი

მართალია, საქართველოს ტაძრებში საკურთ-
ხეველის სამ ნაწილად გამართვა ერთბაშად არ მომხ-
დარა, მაგრამ მაინც ადრევე იჩინა თავი. ქართულ
საკულტო ხუროთმოძღვრებაში დამხმარესათავსი-
ანი საკურთხეველები მტკიცედ იკიდებს ფეხს, ძი-
რითადად VI საუკუნიდან (თავისუფალი ჯვრის
ტიპის და დარბაზული ეკლესიების გამოკლებით).
ზოგიერთ ადრეულ ნაგებობაში აღმოსავლეთ აფსი-
დის გვერდით უკვე გვაქვს ასეთი გამოყოფილი
ოთახები (მაგ., V საუკუნის მატანის ცხრაკარა).

ჩვენამდე მოღწეული უძველესი წერილობითი
წყაროები და ქართული ეკლესიები მოწმობს, რომ
საკურთხეველი, როგორც ყველაზე გამორჩეული ნა-
წილი ტაძარში თავიდანვე აწეული იყო იატაკის
დონიდან ერთი ან ორი საფეხურით. გარდა ამისა,
ღვთისმსახურების ადგილი ნაგებობის დანარჩენი
სივრცისგან დამატებითი არქიტექტურული კონსტ-

რუქციითაც იყო გამოყოფილი. სამეცნიერო ლი-
ტერატურაში მსჯელობის საგანია საკითხი თუ რა
ასრულებდა ასეთი გამოყოფის როლს ადრეულ ქრის-
ტიანულ ტაძრებში და როდის უნდა გაჩენილიყო
ქართულ ეკლესიებში კანკელი, თავისებური ბარიე-
რი. როგორც ცნობილია, IV–VII საუკუნეების
კანკელებს ჩვენ დრომდე არ მოუღწევია, უცნობია
მათი არქიტექტურული სახეც. აკადემიკოს გ. ჩუბი-
ნაშვილის აზრით, უძველეს ქართულ ეკლესიებში
საკურთხეველისა და ნაოსის გამოყოფი ტიხრის მა-
გივრობას კრეტსაბმელი ასრულებდა. ჩვენამდე
მოღწეული ყველაზე ადრეული, შემდეგში ფართოდ
გავრცელებული ქართული კანკელები, რომლებიც
ბარიერის, სვეტებისა და თაღებისაგან შედგებოდა,
გარდამავალ ხანას მიეკუთვნება. ისინი ქვისგან ან
თაბაშირისგან (იშვიათად ხის მერქნისაგან) მზად-
დებოდა. განსაკუთრებული ღირებულებისაა XI
საუკუნის სპეთის, საფარის მიძინების ეკლესიის,
ჯრუჭის, შიომღვიმის, პატარა ონის, ატენის და სხვა
კანკელები, რომელთა ქვაში ნაკვეთი რელიეფები
შუა საუკუნეების ქართული პლასტიკის საუკეთესო
ნაწარმოებთა რიცხვს განეკუთვნება.

საქართველოში ქვაზე ჭრისა და ხეზე კვეთის
მაღალ კულტურაზე მეტყველებს ქვეყნის ტერიტო-
რიაზე არსებული ტაძრების ჩვენამდე მოღწეული
მრავალი კანკელი, აღსავლის კარი, ტრაპეზი. არსე-
ბულ ტრადიციებს არ ღალატობს თანამედროვე
ხუროთმოძღვრებიც. უკანასკნელ წლებში აგებული
ტაძრები საკურთხეველის ცალკეული დეტალების
მაღალმხატვრულ დონეზე გაფორმებით გამოირჩე-
ვა. ასეთია ქ. თბილისში, მახათას მთაზე, არქიტექ-
ტორ ომარ ნაფეტვარიძის პროექტით აშენებული
ივერიის ღვთისმშობლის სახელობის ტაძარი.

ტაძრის მთავარი კანკელის კარკასი აიგო მონო-ლითური რკინაბეტონისაგან, რომელიც შემდეგ შეიმოსა იტალიური წარმოების (კარარას კარიერი) თეთრი მარმარილოს ფილებით. ქვის სამუშაოები შეასრულეს მაღალი კვალიფიციის სპეციალისტებმა, მოქანდაკეების – გია ჯაფარიძისა და ზაურ ჯოხაძის ხელმძღვანელობით. კანკელი დამშვენებულია ქვაში ამოკვეთილი ორნამენტებით, დეკორაციული ლილვებით, თაღებითა და კაპიტელებით. კანკელის ცენტრში, აღსავლის კარის თავზე ჯვრის ამალღების სცენაა გამოსახული (სურ.2).

ივერიის ღვთისმშობლის ტაძრის საკურთხევლის ერთ-ერთი ცენტრალური ელემენტი, ტრაპეზის მთლიანი ფილა კარარას თეთრი მარმარილოსაგან არის დამზადებული და ყველაზე დიდია საქართველოში. მისი ზომა 240 X 200 სმ, სისქე 16 სმ შეადგენს და თითქმის 2,5 ტონას იწონის.



სურ. 2. ტაძრის კანკელი და ტრაპეზი

ტრაპეზის ოთხივე კუთხე გაფორმებულია რელიეფური ორნამენტებით, ხოლო მისი წიბოების შუა ნაწილში გამოკვეთილია ტაძრის გუმბათზე აღმართული ორიგინალური, სხვებისგან განსხვავებული ჯვრის გამოსახულება. მაგიდის ფილა საფე-

ხურიანი ბაზისით დაბოლოებულ, ძველ რომაულ სტილში გადაწყვეტილ ოთხი კვადრატული ფორმის ბურჯს და ცენტრში განთავსებულ ჯვრის ფორმის დამატებით საბჯენს ეყრდნობა. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ მაგიდის საყრდენი ელემენტების ვერტიკალური ღარებით დამუშავება ამსუბუქებს ქვის ზედაპირს და გარკვეულ დეკორაციულ ეფექტს ქმნის. ამრიგად, მხატვრულ-არქიტექტურული გადაწყვეტით ის სრულიად განსხვავდება საქართველოში აქამდე ცნობილი ტრაპეზებისგან, რომელიც, უმეტეს შემთხვევაში, ქვის უძრავი მასიური კუბი იყო.

მახათას ტაძრის ტრაპეზის ფილის მომრგვალებულ წიბოებს შორის, მის მთელ პერიმეტრზე ამოკვეთილია ღვთისმშობლის ლოცვა „მოწყალებისა კარი გაგვიღენ...“. იგი შესრულებულია ქვაში კვეთის ცნობილი ოსტატ პაატა გიგაურის მიერ. რელიეფური წარწერა ფურცლოვანი ოქროთია დაფარული, რაც ტრაპეზს განსაკუთრებით მდიდრულ იერს ანიჭებს (სურ. 3).



სურ. 3. საკურთხევლის ტრაპეზი

საკურთხევლის გარდა, ტრაპეზი სამკვეთლოშიც არის განთავსებული. ის შედარებით მცირე ზომისაა და კარგად ერწყმის სათავსის აფსიდურ მოხაზუ-

ლობას. მაგიდა ორ გრეხილლილვიან სვეტს და მათ შორის მოთავსებულ ფილას ეყრდნობა, რომლის ცენტრალური ნაწილი კვადრატულ ჩარჩოში ჩასმულ ტაძრის ჯვრის გამოსახულებას უჭირავს. სამკვეთლოს ტრაპეზი უხვადაა შემკული მცენარეული, ფოთლოვანი ორნამენტებით (სურ.4).



სურ. 4. სამკვეთლოს ტრაპეზი

ძველი დროიდან ქართული ეკლესიის საკურთხევის კიდეც ერთი შემადგენელი ელემენტია მღვდელმსახურთა დასაჯდომი – სინთრონუსი, რომელიც აფსიდის კედლებს საფეხურებად განლაგებული შემოუყვება. შუაში ყოველთვის სამღვდელმთავრო კათედრა – „საყდარია“ განთავსებული. ივერიის ღვთისმშობლის ტაძრის საკურთხევის ღვთისმსახურთა დასაჯდომი ზუსტად იმეორებს აფსიდის მოხაზულობას, მიუყვება მას ორივე მხრიდან და საკურთხევის ცენტრში, სამი საფეხურით შემადგენულ მღვდელმთავრის კათედრისთვის განკუთვნილ ადგილთან სრულდება.

აღსანიშნავია, რომ ტაძრის ინტერიერში უხვადაა გამოყენებული მარმარილო, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტაძრის ინტერიერის მდიდრული მხატვრული სახის შექმნაში. თეთრი მარმარილოთია შესრულებული საკურთხევის იატაკი,

ღვთისმსახურთა დასაჯდომი, საკურთხევის წინ ამბიონის იატაკი და სოლეა ასასვლელი კიბით. საკურთხევის, როგორც მთლიანად ტაძრის იატაკს, სალიეთის (ჭიათურის რაიონი) წითელი მარმარილოსგან შესრულებული დეკორაციული კონტური შემოუყვება, რომელიც აცოცხლებს და მკვეთრ ფერადოვან აქცენტს ქმნის ინტერიერში (სურ. 5).



სურ.5. საკურთხევის იატაკი და მაღალი დასაჯდომი

მხატვრული ივერიის ღვთისმშობლის ხატის ეკლესიის საკურთხევის შემადგენელ ელემენტებს შორის, მხატვრულ-არქიტექტურული გადაწყვეტით, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს კანკელის აღსავლის კარი. თავად კარი ლითონის კარკასზე გადაკრული კაკლის მერქნის შეწებებული ფიცრებისგანაა გაკეთებული, რაც გამორიცხავს მათ დეფორმაციას და ბზარების გაჩენას. საინტერესოაა გადაწყვეტილი აღსავლის კარის მხატვრული გაფორმება ინტერიერისა და საკურთხევის მხრიდან. საკურთხევის მხარეს ხეში ამოკვეთილია მთავარანგელოზების და 12 მოციქულის გამოსახულება. ეს სამუშაო, ასევე სადიაკვანოსა და სამკვეთლოში შესასვლელი ორი კარი მთავარანგელოზების გამოსახულებით ხეზე ჭრის ოსტატმა

პაატა დევდარიანმა შეასრულა. განსხვავებული შემკულობა აქვს კარს ნაოსის მხრიდან. მხატვარმა დავით კაკაბაძემ ის მიკრომოზაიკით გააფორმა, რომელშიც ოქროსფერი ჭარბობს. უზვადაა გამოყენებული ძვირფასი ქვის ჯიშებიც. კარის ორივე ფრთა მოვარაყებულა მაღალი სინჯის ვერცხლის

ფურცლებით, რომელსაც მთლიანად ფარავს ნატიფი ორნამენტები (ოქრომჭედელი ზ. ჩიქვინიძე). აღსანიშნავია, რომ ტაძრის მხრიდან ეს ფურცლები მოოქრულია, ხოლო საკურთხევის მხარეს შენარჩუნებულია და ძალზე ეფექტურია მისი ბუნებრივი შეფერილობა (სურ. 6).



სურ. 6. აღსავლის კარი

კანკელის ოთხივე თაღოვანი სივრცე მთლიანად შევსებულია ხატებით, რომელიც მხატვარმა თეიმურაზ ჯაფარიძემ დაწერა. კანონიკური წესის მიხედვით, აღსავლის კარის მარცხნივ მოთავსებულია ღვთისმშობლის ხატი, მის გვერდით – წმინდა ნინოს გამოსახულება. კარის მარჯვენა მხარეს მაცხოვრის ხატია, რომლის შემდეგ, დადგენილი წესით, იმ წმინდანის გამოსახულება უნდა იყოს, რომლის სახელზეც არის აგებული ტაძარი. ვინაიდან ეკლესია ღვთისმშობლის ხატის სახელობისაა, მისი ხატის არსებობის გამო, მაცხოვრის შემდეგ კანკელზე ანდ-

რია პირველწოდებულის ხატია განთავსებული, რასაც თავისი ახსნა აქვს (სურ.7). 2019 წლის 12 მაისს ტაძრის კურთხევა დაემთხვა ანდრია პირველწოდებულის საქართველოში შემობრძანების დღეს და ქვეყნის ისტორიაში პირველად ეს დღე გამოცხადდა საქართველოს ღვთისმშობლის წილხვედრის დღედ. ეს უდიდესი საეკლესიო და საერო მოვლენა, რომელიც საზეიმოდ აღინიშნა, გულისხმობს ანდრია პირველწოდებულის ღვთისმშობლის ხელთუქმნელ ხატთან ერთად ღვთისმშობლის საქართველოში შემობრძანებას.



სურ. 7. ტაძრის კანკელის საერთო ხედი

დასკვნა

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ თბილისში მახათას მთაზე, 2019 წლის მაისში დასრულებული ივერიის ღვთისმშობლის ხატის სახელობის ტაძარი, ერთი მხრივ, აგრძელებს ქართული ხუროთმოძღვრებისთვის დამახასიათებელ საკურთხევლის გამართვის ტრადიციას და საკურთხევლის ცალკეული ელემენტების მხატვრული გაფორმების მხრივ ერთ-ერთი გამორჩეულია საქართველოში.

ქართული ტრადიციული ფორმისგან განსხვავ-

დება ტაძრის მთავარი ტრაპეზი, რომლის მთლიანი ქვის ფილა ყველაზე დიდია საქართველოს ტაძრებში აქამდე არსებულებთან შედარებით. მისი საყრდენი ნაწილი ძველ რომაულ სტილშია გადაწყვეტილი, რაც არ გვხვდება სხვა ტაძრებში. აღსანიშნავია მისი დეკორაციული შემკულობაც. მთავარი ადგილი აქ ტრაპეზის ფილის გვერდებზე ამოკვეთილ და შემდეგ ფურცლოვანი ოქროთი დაფარულ ღვთისმშობლის ლოცვას უჭირავს, რომელიც განსაკუთრებულ მდიდრულ იერს აძლევს ტრაპეზს.

ყურადღებას იქცევს ტრადიციული ფორმის კანკელის აღსავლის კარის დეკორის თავისებურება. ოსტატი განსხვავებულად უდგება კარის შემკულობას საკურთხევლისა და ინტერიერის მხრიდან, რითაც სიახლე შეაქვს ამ მცირე არქიტექტურული ფორმის მხატვრულ გაფორმებაში.

დასასრულ, არ შეიძლება ხაზი არ გაესვას ღვთისმშობლის ხატის ტაძრის საკურთხევლის არქიტექტურული ფორმების დეკორის შესრულების განსაკუთრებით მაღალ დონეს, რაც საქართველოში ქვაზე ჭრისა და ხეზე კვეთის მაღალ კულტურაზე მიუთითებს.

ლიტერატურა

1. Kvaraia I. Carving of the temple with natural stone. Technical University. Tbilisi. 2018. (in Georgian).
2. Kvaraia I. The role of building science in the development of religion. Third international conference “Science and religion”. Collection of works. Tbilisi. 2014. (in Georgian).
3. Posternak K.V. Iconostases of F.B.Rastrelli. Architecture and construction of Russia. 2013. (in Russian).
4. Klimov O. The kingdom of Pergamon. Problems of political history and government. St. Petersburg. 2010. (in Russian).
5. Khachapuridze L. For one ecclesiastical term (Trapezium). “Georgian Heritage”. 1998. (in Georgian).
6. Tsitsishvili I. Georgian art history. Tbilisi. 1995. (in Georgian).
7. Zakaraia P. Leningor district. Tbilisi. 1981. (in Georgian).
8. Beridze V. Old Georgian architecture. Tbilisi. 1974. (in Georgian).
9. Shmerling R. O. Small forms in architecture of medieval Georgia. Tbilisi. 1962. (in Russian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

The Altar of the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount and its painting

Irakli Kvaraia Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, 68 b M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: irakvara@yahoo.com

Liana Giorgobiani Department of Fundamentals of Architecture, Georgian Technical University, 68 a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

T. Sanikidze, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

N. Mskhiladze, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Abstract. An altar has a special place in the Christian church. It represents heaven. Even its smallest architectural forms, such as the Lord's table, an iconostasis, the Holy Doors, and others, have the biggest spiritual meaning. The article concerns the altar of the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple at Makhata Mount, its architectural and decorative decisions, which is one of the most distinguished in Georgia by its styling.

The Lord's table of the church is made in a whole stone slab and it is the biggest among those existing in the churches of Georgia. Its supporting part is made in the Roman style, the similarity of which cannot be found in other churches of Georgia. The Lord's table gets a particularly rich expression by the carved and gold-plated Virgin Mary's prayer on its side. The specific decoration of the Royal Doors with a traditional form also attracts attention. Artisan used different approaches when decorating the door from the sides of the altar and interior.

In the end, we should mention a particularly high level of decoration of the altar's architectural forms in the Iveria Holy Virgin Mary Icon Temple demonstrating advanced practice of stone and wood carving in Georgia.

Key words: Altar; iconostasis; Lord's table; marble; mosaic; ornament; Royal Doors.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

Алтарь церкви имени иконы Иверской Божьей Матери на горе Махата и ее художественное оформление

Ираклий Кварая Департамент технологии гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: irakvara@yahoo.com

Лиана Гиоргобиани Департамент основ архитектуры и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

Т. Саникидзе, профессор, доктор искусствоведческих наук факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ

E-mail: t.sanikidze@gmail.com

Н. Мсхиладзе, профессор строительного факультета

E-mail: mskhiladzenini@yahoo.com

Аннотация. Алтарь занимает особое место в христианском храме. Это пример небесного мира, рая. Большое духовное значение имеют малые архитектурные формы: престол, иконостас, царские врата и т. д. В статье рассматривается архитектурно-художественное решение алтаря храма иконы Иверской Божьей Матери находящейся на горе Махата и ее отдельных элементов, которая является одной из самых выдающихся в Грузии с точки зрения художественного оформления.

Основной престол храма выполнен из цельной каменной плиты и является самой большой по сравнению с другими существующими престолами грузинских храмов. Его основание сделано в римском стиле, которого нет в других храмах Грузии. Престолу дает особенно роскошный вид высеченная на нем молитва Богородицы, покрытая золотыми листами. Внимание привлекает традиционная форма иконостаса и особый декор царских врат. Мастер по разному подходит к художественному решению оформления царских врат со стороны интерьера и со стороны алтаря.

В заключении необходимо подчеркнуть особенно высокий уровень мастерства исполнения декора архитектурных форм церкви имени иконы Иверской Божьей Матери, что свидетельствует о высокой культуре резьбы по камню и по дереву в Грузии.

Ключевые слова: алтарь; иконостас; мозаика; мрамор; орнамент; престол; царские врата.

განხილვის თარიღი 11.11.2019

შემოსვლის თარიღი 09.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020

UDC 008

SCOPUS CODE 2604

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-161-168>

Течение проводящей жидкости сдавливаемой между двумя параллельными вращающимися пористыми дисками с учетом слабого магнитного поля и теплопередачи при переменной электропроводности

- Леван Джикидзе** Департамент инженерной механики и технической экспертизы строительства, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 68⁶
E-mail: l.jikidze@gtu.ge
- Варден Цуцкиридзе** Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: b.tsutskiridze@mail.ru
- Эка Элердашвили** Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 77
E-mail: ek.elerdashvili@yahoo.com

Рецензенты:

Д. Горгидзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: d.gorgidze@gtu.ge

Г. Тодуа, ассоциированный профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: gochatodua@mail.ru

Аннотация. Методом последовательных приближений (методом функции Грина и малого параметра) изучена задача о течении проводящей жидкости, сдавливаемой между двумя параллельными вращающимися пористыми дисками, с учетом слабого магнитного поля и теплопередачи, когда коэффициент электропроводности является функцией температуры жидкости

$$\sigma(z, t) = \sigma_0 T(z, t).$$

Для решения задачи использованы уравнения Навье-Стокса нестационарного течения проводящей жидкости в однородном внешнем магнитном поле и уравнение энергий. С помощью автомодельных преобразований система нелинейных уравнений движе-

ния жидкости и теплопередачи в частных производных записаны в виде системы обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений, решения которых с помощью функции Грина приведены к решению соответствующей системы интегро-дифференциальных уравнений.

Решения задачи ищем в виде бесконечных рядов по малому параметру числа Рейнольдса. Построена функция Грина соответствующей задачи и записаны рекуррентные формулы, которые дают возможность вычислить решения в произвольном приближении. В явном виде найдены первые два приближения.

Вычислены все физические характеристики течения. Для обоих дисков также вычислен момент сопротивления вращению дисков и коэффициент теплоотдачи.

Ключевые слова: автотомодельное преобразование, магнитное поле, нестационарное течение, проводимость, пористость, сдвиг, теплопередача, функция Грина.

Введение

Решения уравнений движения жидкости, сдвигаемой между двумя дисками, вызывает большой интерес в теории гидродинамической смазки. Упрощения, приводящие дифференциальные уравнения в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям сделали возможным глубоко изучить характер течения.

Ишизава [1] впервые получил подобные решения в случае нестационарного ламинарного течения между двумя параллельными дисками. Позднее Ванг [2] получил подобные решения в двумерном осесимметричном случае и дал полное численное решение уравнению движения жидкости.

В последние годы явления магнитогидродинамической смазки привлекли значительное внимание ввиду ее важности во многих отраслях промышленности. Многие исследования в этом направлении были мотивированы в связи с широким использованием жидкого металла смазочных материалов в высокотемпературных подшипниках.

В теоретических и экспериментальных анализах авторов, которые исследовали явления магнитогидродинамической смазки, в уравнениях Навье-Стокса в частности или полностью были пренебрежены инерционные члены.

Последние исследования, мотивированные возрастанием скоростей современных машин использованием смазочных материалов низкой вязкости для снижения потерь энергии показали важность инерционных эффектов.

Интересными являются те случаи, когда электропроводная среда движется между проницаемыми поверхностями в магнитном поле с учетом теплопередачи. В работах [3,4] были изучены задачи о дви-

жении проводящей жидкости между параллельными вращающимися пористыми дисками с учетом слабого и сильного магнитного поля и теплопередачи.

Основная часть

В настоящей работе изучается задача о течении проводящей жидкости, сдвигаемой между двумя вращающимися пористыми дисками с учетом слабого магнитного поля и теплопередачи, когда коэффициент электропроводности является функцией температуры жидкости.

Пусть диски вращаются с угловыми скоростями $a\alpha(t)$ и $b\alpha(t)$ (a и b - параметры вращения) и через них происходит вдув и отсос той же жидкости со скоростью $u_w(t)$. Допустим верхний диск совершает движение относительно нижней со скоростью $\frac{dh(t)}{dt}$, где $h(t)$ -расстояние между дисками, перпендикулярно дискам приложено постоянное слабое магнитное поле, диски имеют разные температуры $T_w^0(z,t)$ и $T_w^h(z,t)$ и коэффициент электропроводности меняется по закону

$$\sigma(z,t) = \sigma_0 T(z,t). \quad (1)$$

Для решения задачи воспользуемся системой уравнений Навье-Стокса нестационарного движения проводящей жидкости, находящейся в однородном внешнем постоянном магнитном поле и уравнением энергий:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_\varphi^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left(\Delta v_r - \frac{v_r}{r^2} \right) - \frac{\sigma B^2}{\rho} v_r, \\ \frac{\partial v_\varphi}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_\varphi}{\partial z} + \frac{v_r v_\varphi}{r} = \nu \left(\Delta v_\varphi - \frac{v_\varphi}{r^2} \right) - \frac{\sigma B^2}{\rho} v_\varphi, \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta v_z, \\ \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \\ \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right). \end{cases} \quad (2)$$

В уравнении энергии учитывается, что влияние диссипативных эффектов на теплопередачу пренебрежимо мало. Заметим, что здесь $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$, $v_r(r, z, t)$, $v_\varphi(r, z, t)$, $v_z(r, z, t)$ - компоненты скорости жидкости, V -коэффициент вязкости, ρ - плотность, p -давление, σ - коэффициент электропроводности, B -магнитное поле, $T(r, z, t)$ - температура жидкости, c_p - теплоемкость при постоянном давлении, λ - коэффициент теплопроводности.

Систему (2) должны решить при следующих начальных и граничных условиях:

$$\begin{cases} t = 0, & v_r = v_\varphi = v_z = 0, & T(0,0) = T_w^0(0,0), & T(h,0) = T_w^h(h,0), \\ t > 0, & z = 0, & v_r = 0, & v_\varphi = ra\omega(t), & v_z = v_w(t), & T(0,t) = T_w^0(0,t), \\ & z = h(t), & v_r = 0, & v_\varphi = rba\omega(t), & v_z = -\frac{dh(t)}{dt} + v_w(t), & T(h,t) = T_w^h(h,t). \end{cases} \quad (3)$$

Введем новые функции и произведем преобразования переменных

$$\begin{cases} v_r = \frac{\omega' r}{1-\omega' t} f(\eta), & v_\varphi = \frac{\omega' r}{1-\omega' t} q(\eta), & v_z = \frac{\omega' h'}{\sqrt{1-\omega' t}} g(\eta), \\ \frac{p}{\rho} = \frac{\omega' v}{(1-\omega' t)^2} \left[(1-\omega' t) p'(\eta) + \frac{r^2}{2h'^2} K \right], & \eta = \frac{z}{h' \sqrt{1-\omega' t}}, \\ v_w(t) = \frac{\omega' h'}{\sqrt{1-\omega' t}} v'_w, & h(t) = h' \sqrt{1-\omega' t}, & \omega(t) = \frac{\omega'}{1-\omega' t}, \\ T = \frac{T'(\eta)}{1-\omega' t}, & T_w = \frac{T'_w}{1-\omega' t}. \end{cases} \quad (4)$$

Если применим преобразования (4) в системе (2), учитывая что коэффициент электропроводности меняется по закону (1) и для простоты воспользуемся величинами без штрихов, то получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} = R_e \left(f + f^2 - q^2 + g \frac{\partial f}{\partial \eta} + \frac{1}{2} \eta \frac{\partial f}{\partial \eta} + m^2 f - T \right) + K, \\ \frac{\partial^2 q}{\partial \eta^2} = R_e \left(q + 2fq + g \frac{\partial q}{\partial \eta} + \frac{1}{2} \eta \frac{\partial q}{\partial \eta} + m^2 qT \right), \\ \frac{\partial p}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 g}{\partial \eta^2} - R_e \left(\frac{g}{2} + g \frac{\partial g}{\partial \eta} + \frac{1}{2} \eta \frac{\partial g}{\partial \eta} \right), \\ \frac{\partial g}{\partial \eta} + 2f = 0, \\ \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} = R_e \left[P_r \left(T + \frac{1}{2} \eta \frac{\partial T}{\partial \eta} + g \frac{\partial T}{\partial \eta} \right) \right]. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $m^2 = \frac{\sigma B^2}{\rho \omega}$ -число магнитного взаимодействия, $R_e = \frac{\omega h^2}{\nu}$, $P_r = \frac{\mu c_p}{\lambda}$ - числа Рейнольдса и Прандтля соответственно.

Для системы (5) получаются только следующие граничные условия:

$$\begin{cases} \eta = 0, & f = 0, & q = a, & g = v, & T(0) = T_w^0, \\ \eta = 1, & f = 0, & q = b, & g = v_w - \frac{1}{2}, & T(1) = T_w^h. \end{cases} \quad (6)$$

Решения задачи (5)-(6) с помощью функции Грина можно привести к решению следующей системы интегро-дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} f(\eta) = R_e \int_0^1 \left(f + f^2 - q^2 + g \frac{\partial f}{\partial \zeta} + \frac{1}{2} \zeta \frac{\partial f}{\partial \zeta} + m^2 f T \right) G(\eta, \zeta) d\zeta + K \int_0^1 G(\eta, \zeta) d\zeta, \\ q(\eta) = R_e \int_0^1 \left(q + 2fq + g \frac{\partial q}{\partial \zeta} + \frac{1}{2} \zeta \frac{\partial q}{\partial \zeta} + m^2 q T \right) G(\eta, \zeta) d\zeta, \\ g(\eta) = -2 \int_0^\eta f(\zeta) d\zeta, \\ T(\eta) = R_e \int_0^1 \left[P_r \left(T + \frac{1}{2} \zeta \frac{\partial T}{\partial \zeta} + g \frac{\partial T}{\partial \zeta} \right) \right] G(\eta, \zeta) d\zeta, \end{cases} \quad (7)$$

где $G(\eta, \zeta)$ - функция Грина, которая для задачи (5)-(6) имеет следующий вид:

$$G(\eta, \zeta) = \begin{cases} G_1 = (\zeta - 1)\eta, & 0 \leq \eta < \zeta, \\ G_2 = (\eta - 1)\zeta, & \zeta < \eta \leq 1. \end{cases} \quad (8)$$

Решения системы (7) ищем в виде бесконечных рядов

$$\begin{cases} f = \sum_{i=0}^{\infty} R_e^i f_i, & q = \sum_{i=0}^{\infty} R_e^i q_i, & g = \sum_{i=0}^{\infty} R_e^i g_i, \\ K = \sum_{i=0}^{\infty} R_e^i K_i, & T = \sum_{i=0}^{\infty} R_e^i T_i. \end{cases} \quad (9)$$

Подставляя ряды (9) в систему (7) и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях числа R_e , получим следующие рекуррентные соотношения:

$$\begin{aligned} f_0 &= K_0 \int_0^1 G(\eta, \zeta) d\zeta, \\ f_j &= \int_0^1 \left[f_{j-1} + \frac{1}{2} \zeta f'_{j-1} + \sum_{\alpha=0}^{j-1} (g_\alpha f'_{j-\alpha-1} - q_\alpha q_{j-\alpha-1} + f_\alpha f_{j-\alpha-1} + m^2 T_\alpha f_{j-\alpha-1}) + K_j \right] G(\eta, \zeta) d\zeta, \quad (j \geq 1) \\ q_0 &= A(\eta), \\ q_j &= \int_0^1 \left[q_{j-1} + \frac{1}{2} \zeta q'_{j-1} + \sum_{\alpha=0}^{j-1} (2f_\alpha q_{j-\alpha-1} + g_\alpha q'_{j-\alpha-1} + m^2 T_\alpha q_{j-\alpha-1}) \right] G(\eta, \zeta) d\zeta, \quad (j \geq 1), \\ g_0 &= -2 \int_0^\eta f_0 d\zeta + v_w \\ g_j &= -2 \int_0^\eta f_j d\zeta, \quad (j \geq 1), \quad T_0 = C(\eta), \\ T_j &= \int_0^1 \left[P_r \left(T_{j-1} + \frac{1}{2} \zeta T'_{j-1} + \sum_{\alpha=0}^{j-1} g_\alpha T'_{j-\alpha-1} \right) \right] G(\eta, \zeta) d\zeta, \quad (j \geq 1), \end{aligned}$$

где - $A(\eta)$ и $C(\eta)$ являются решениями следующих задач

$$\begin{cases} A''(\eta) = 0, \\ A(0) = a, \quad A(1) = b, \end{cases} \quad \begin{cases} C''(\eta) = 0, \\ C(0) = T_w^0, \quad C(1) = T_w^h. \end{cases}$$

Первые два приближения $f_0, q_0, g_0, K_0, T_0, f_1, q_1, g_1, K_1, T_1$ имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} f_0 &= -\frac{3}{2}(\eta^2 - \eta), \quad q_0 = (b - a)\eta + a, \quad g_0 = \frac{1}{2}(2\eta^3 - 3\eta^2) + v_w, \quad K_0 = -3, \quad T_0 = (T_w^h - T_w^0)\eta + T_w^0, \\ f_1 &= -\frac{1}{40}(\eta^6 - \eta) + \frac{3}{40}[1 - m^2(T_w^h - T_w^0)](\eta^5 - \eta) - \left[\frac{(b - a)^2}{12} + \frac{2 - m^2(T_w^h - 2T_w^0)}{8} \right](\eta^4 - \eta) + \\ &\quad + \left[\frac{3 - 4v_w + 2m^2T_w^0}{8} - \frac{a(b - a)}{3} \right](\eta^3 - \eta) + \frac{3v_w - 2a^2 + 2K_1}{4}(\eta^2 - \eta), \\ q_1 &= \frac{a - b}{10}(\eta^5 - \eta) + \left[\frac{m^2(b - a)(T_w^h - T_w^0)}{12} - \frac{3a - b}{8} \right](\eta^4 - \eta) + \left[\frac{b - a}{4} + \frac{m^2(bT_w^0 - 2aT_w^0 + aT_w^h)}{4} \right] \times \\ &\quad \times (\eta^3 - \eta) + \frac{v_w b + a(1 - v_w + m^2T_w^0)}{2}(\eta^2 - \eta), \\ g_1 &= \frac{1}{20} \left(\frac{\eta^7}{7} - \frac{\eta^2}{2} \right) - \frac{3}{20}[1 - m^2(T_w^h - T_w^0)] \left(\frac{\eta^6}{6} - \frac{\eta^2}{2} \right) + \left[\frac{(b - a)^2}{6} + \frac{2 - m^2(T_w^h - 2T_w^0)}{4} \right] \left(\frac{\eta^5}{5} - \frac{\eta^2}{2} \right) + \\ &\quad - \left[\frac{3 - 4v_w + 2m^2T_w^0}{4} - \frac{2a(b - a)}{3} \right] \left(\frac{\eta^4}{4} - \frac{\eta^2}{2} \right) - \frac{3v_w - 2a^2 + 2K_1}{2} \left(\frac{\eta^3}{3} - \frac{\eta^2}{2} \right), \\ K_1 &= -\frac{117}{280} + ab + \frac{3(b - a)^2}{10} - \frac{3m^2}{20}(T_w^h + T_w^0), \\ T_1 &= P_r \left[\frac{T_w^h - T_w^0}{40}(2\eta^5 - 5\eta^4 + 10\eta^3 - 7\eta) + \frac{T_w^0 + v_w(T_w^h - T_w^0)}{2}(\eta^2 - \eta) \right]. \end{aligned}$$

Для давления жидкости будем иметь выражение

$$\begin{aligned} p &= p_0 + 3(\eta^2 - \eta) + R_e \left\{ -\frac{9}{20}\eta^6 + \frac{3}{2}\eta^5 - \frac{13}{8}\eta^4 + \left(\frac{3}{4} - v_w \right)\eta^3 + \frac{3v_w}{2}\eta^2 - \left(\frac{1}{20} + \frac{v_w}{2} \right)\eta - \right. \\ &\quad - \frac{3}{20}[1 - m^2(T_w^h - T_w^0)](\eta^5 - \eta) + \left[\frac{(b - a)^2}{6} + \frac{2 - m^2(T_w^h - 2T_w^0)}{4} \right](\eta^4 - \eta) + \left[\frac{2a(b - a)}{3} - \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{3 - 4v_w + 2m^2T_w^0}{4} \right](\eta^3 - \eta) - \frac{3v_w - 2a^2 + 2K_1}{2}(\eta^2 - \eta) \right\}. \end{aligned}$$

где p_0 начальное значение давления.

Пренебрегая влиянием кромок дисков на течение жидкости, при достаточно больших значениях R - радиусов дисков можно вычислить моменты сопротивления вращению дисков:

для верхнего диска

$$M^{(0)} = -\frac{\pi\mu\omega(t)R^4}{2h(t)} \left\{ b - a + \frac{R_e}{4} \left[\frac{(a - b)(1 + 20v_w) - 10b}{10} - \frac{m^2[(a + b)(T_w^h + T_w^0) + 2aT_w^0]}{3} \right] \right\},$$

для нижнего диска

$$M^{(h)} = -\frac{\pi\mu\omega(t)R^4}{2h(t)} \left\{ b - a + \frac{R_e}{4} \left[\frac{(b-a)(19+20v_w) - 10a}{10} - \frac{m^2[(a+b)(T_w^h + T_w^0) + 2bT_w^h]}{3} \right] \right\}.$$

Для коэффициента теплоотдачи получаются следующие значения:

для верхнего диска

$$N^{(0)} = -\frac{r(T_w^h - T_w^0)}{T_w^0 h(t)} \left[1 - \frac{R_e \cdot P_r}{2} \left(\frac{7 + 20v_w}{20} + \frac{T_w^0}{T_w^h - T_w^0} \right) \right],$$

для нижнего диска

$$N^{(h)} = -\frac{r(T_w^h - T_w^0)}{T_w^0 h(t)} \left[1 + \frac{R_e \cdot P_r}{2} \left(\frac{13 + 20v_w}{20} + \frac{T_w^0}{T_w^h - T_w^0} \right) \right].$$

Заклучение

Из выше полученных результатов можно легко усмотреть влияние скорости просачивания - $v_w(t)$, коэффициента магнитного взаимодействия - m , уг-

ловых скоростей дисков- $a\omega(t)$, $b\omega(t)$, температур дисков - T_w^0 и T_w^h , а также чисел Рейнольдса - R_e и Прандтля - P_r , на физические характеристики течения жидкости.

Литература

1. Ishizava S. The unsteady laminar flow between two parallel discs with arbitrarily varying gap width. Bulletin of JSME. Vol.9. №35. 1966, 533-550 pp.
2. Wang C.Y. The squeezing of a fluid between two plates. Journal of applied mechanics. 1976, 576-583 pp.
3. Jikidze L., Tsutskiridze V. Approximate method for solving an unsteady rotation problem for a porous plate in the conducting fluid with regard for the heat transfer in the case of electroconductivity. Several Problems Appl. Math. Mech. Series: Sci. Technol. Math. Phys. (ebook). New York. 2013, 157-164.
4. Jikidze L., Tsutskiridze V. Non stationary flow of a conducting fluid squeezed between two parallel infinite rotating porous disks taking into account strong magnetic field and the heat transfer. Georgian Technical University. Works. №4 (510). 2018, 126-135 pp.
5. Hughes W.F., Elko R.A. Magnetohydrodynamic lubrication flow between parallel rotating disks. Journal of fluid mechanics. №13. 1962, 21-32 pp.
6. Kamiyama S. Inertia effects in MHD hydrostatic thrust bearing. Journal of lubrication technology. Vol.90. №4. 1969, 589-596 pp.
7. Hamza E.A., Macdonald D.A. A similar flow between two rotating discs. Quarterly journal of applied mathematics. №41. 1984, 495-511 pp.
8. Hamza E.A. The magnetohydrodynamic squeeze film. Journal of tribology. 110(2). 1988, 375-377 pp.
9. Hamza E.A. A similar flow between two disks in the presence of a magnetic field. Journal of applied mechanics. 56(1). 1989, 218-221 pp.
10. Vatazhin A. B., Lyubimov G.A., Regirer S.A. magnetohydrodynamic flows in channels. Moscow: "Nauka". 1970 (in Russian).

UDC 008

SCOPUS CODE 2604

ორ პარალელურ მბრუნავ ფოროვან დისკოს შორის დაწნეხილი გამტარი სითხის არასტაციონარული დინება, სუსტი მაგნიტური ველისა და სითბოგადაცემის გათვალისწინებით, ცვლადი ელექტროგამტარობის შემთხვევაში

- ლევან ჯიქიძე** საინჟინრო მექანიკისა და მშენებლობის ტექნიკური ექსპერტიზის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: l.jikidze@gtu.ge
- ვარდენ ცუცკირიძე** მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: b.tsutskiridze@mail.ru
- ეკა ელერდაშვილი** მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: ek.elerdashvili@yahoo.com

რეცენზენტები:

დ. გორგიძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: d.gorgidze@gtu.ge

გ. თოდუა, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: gochatodua@mail.ru

ანოტაცია. მიმდევრობითი მიახლოების მეთოდით (გრინის ფუნქციისა და მცირე პარამეტრის მეთოდი) შესწავლილია ორ პარალელურ მბრუნავ ფოროვან დისკოს შორის ელექტროგამტარი სითხის დაწნეხის არასტაციონარული ამოცანა, სუსტი ერთგვაროვანი მაგნიტური ველისა და სითბოგადაცემის გათვალისწინებით, როცა ელექტროგამტარობის კოეფიციენტი სითხის ტემპერატურის ფუნქციაა

$$\sigma(z, t) = \sigma_0 T(z, t).$$

ამოცანის ამოსახსნელად გამოყენებულია ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ელექტროგამტარი სითხის არასტაციონარული მოძრაობის ნავიე-სტოქსის განტოლებათა სისტემა და ენერჯის განტოლება. ავტომოდელური გარდაქმნებით სითხის მოძრაობისა და სითბოგადაცემის კერძოწარმოებულებიანი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა ჩაწერილია ჩვეულებრივი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემის სახით, რომლის ამოხსნა, გრინის ფუნქციის გამოყენებით, დაყვანილია შესაბამისი ინტეგრალურ-დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის ამოხსნაზე.

ამოცანის ამოხსნას ვეძებთ უსასრულო მწკრივის სახით რეინოლდსის რიცხვის მცირე მნიშვნელობისათვის. აგებულია შესაბამისი ამოცანის გრინის ფუნქცია და ჩაწერილია რეკურენტული ფორმულები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ამოვხსნათ ნებისმიერი მიახლოებით. ცხადი სახით ნაპოვნია პირველი ორი მიახლოება. გამოთვლილია დინების ყველა ფიზიკური მახასიათებელი, ასევე ორივე დისკოსათვის გამოთვლილია მათი ბრუნვის წინაღობის მომენტი და სითბოგადაცემის კოეფიციენტი.

საკვანძო სიტყვები: ავტომოდელური გარდაქმნა; არასტაციონარული დინება; გრინის ფუნქცია; გამტარებლობა; დაწნეხა; მაგნიტური ველი; სითბოგადაცემა; ფორიანობა.

UDC 008

SCOPUS CODE 2604

Nonstationary flow of a conducting fluid squeezed between two parallel rotating porous disks taking into account weak magnetic field and the heat transfer with variable electrical conductivity

- Levan Jikidze** Department of Engineering Mechanics and Civil Engineering Technical Expertise, Georgian Technical University, 68 6 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: l.jikidze@gtu.ge
- Varden Tsutskiridze** Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: b.tsutskiridze@mail.ru
- Eka Elerdashvili** Address. Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: ek.elerdashvili@yahoo.com

Reviewers:

D. Gorgidze, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: d.gorgidze@gtu.ge

G. Todua, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: gochatodua@mail.ru

Abstract. The issues of nonstationary flow of an electrically conducting fluid squeezed between two parallel rotating porous disks have been studied by the method of successive approximation (the method of Green's function and a small parameter), taking into account strong uniform magnetic field and heat transfer, when the coefficient of electrical conductivity is a function of the fluid temperature:

$$\sigma(z, t) = \sigma_0 T(z, t).$$

Navier-Stokes equations of nonstationary flow of an electrically conducting fluid in the uniform magnetic field and energy equation are used for the problem solution.

The system of nonlinear equations of the flow of fluid and heat transfer in partial derivatives is written in the form of a system of ordinary nonlinear differential equations by using of automodel transformations, the solution of which is based on Green's function and is led to the problem solution of appropriate integro-differential equations system.

The problem solution is considered in the form of infinite series at low Reynolds number. Green's functions of the corresponding problems are developed and recurrent formulas are written down which make it possible to calculate solutions with arbitrary precision. The first two approximations are found in explicit form.

All physical characteristics of the flow are calculated. The antitorque moments of the disks and the heat transfer coefficients are also calculated for both disks.

Key words: Automodel transformation; conductivity; Green's function; heat transfer; magnetic field; nonstationary flow; porosity; squeezing.

Дата рассмотрения 11.10.2019

Дата поступления 24.10.2019

Подписано к печати 26.03.2020

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

ბარათაშვილი ე. 31	ულრელიძე ნ. 52
გამცემლიძე მ. 94	ქვარაია ი. 143, 152
გაჩეჩილაძე ლ. 40, 46	ქუთათელაძე რ. 24
გიორგობიანი ლ. 143, 152	ღვინევაძე გ. 59, 80
დარასელია ნ. 52	შავიშვილი თ. 80
ენაგელი რ. 94	შაკიაშვილი თ. 31
თავხელიძე დ. 124	შარაშენიძე ჯ. 115
თედორაძე ო. 124	შერმაზანაშვილი ალ. 115
ლომიძე ნ. 11	ჩხეიძე მ. 24
მებონია ს. 115	ხოსიტაშვილი თ. 11
მიქელაძე ს. 40, 46	Chachkhiani Z. 101
მოსაშვილი ი. 106	Gorgoshidze Al. 101
ოთინაშვილი რ. 31	Джикидзе Л. 161
ონიანი ს. 106	Махарадзе Л. 134
სამხარაძე რ. 40, 46	Цуцкиридзе В. 161
ტალახაძე დ. 94	Элердашвили Э. 161

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

აბზიანიძე ნ. 52	მსხილაძე ნ. 143, 152
აბულაძე ი. 124	ნატროშვილი დ. 124
აბშილავა ა. 94	სანიკიძე თ. 143, 152
არაბიძე ზ. 94	სურგულაძე გ. 59
ბოგდანოვი ფ. 52	ტყემალაძე გ. 11
გეგენავა ნ. 31	ფხაკაძე კ. 59
დარსაველიძე თ. 11	ჩაჩანიძე გ. 80
დევიძე თ. 31	ხომტარია ს. 40, 46
იაშვილი ლ. 106	Jabua Z. 101
იაშვილი ს. 115	Kervalishvili P. 101
კიკნაძე მ. 24, 40, 46	Бежанишвили А. 134
კობიაშვილი ა. 20	Горгидзе Д. 161
კოტრიკაძე ქ. 106	Кирмелашвили Г. 134
კურცხალია ე. 80	Тодуа Г. 161
ლომსაძე ზ. 115	

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 მოგვანდოს 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 ბანკი; მიმღების დასახელება: ბანკის 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 ავტობიოთი 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/10.36073/1512-0996-2020-1>

რედაქტორები: ლ. მამალაძე, ნ. ჟიჟილაშვილი, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 10.01.2020. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020. ქალაქის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 11.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent