

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ყოველკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

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

Certificate
ICI Journals master Lists

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

ურობები
WORKS
ТРУДЫ

N1(519)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2021

დასრულებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

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

ყვედა უფდება დაწყდება. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სტატიის (ჟეიქსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფორმითა და საშუალებით (ედუქტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემდის 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 სახდის პოზიციას.

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

მოგვწერეთ:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

მოამბერი რედაქტორი
დ. გურგენიძე

მოამბერი რედაქტორის მოაზრებები:

- დ. კლიმიაშვიდი
- ბ. გასიფაშვიდი
- კ. კოპალიანი

სწავლული მდივანი

- დ. გორგიძე

სარედაქციო კოლეგია:

- ა. აბშილავა, პ. აბრეხვი (გერმანია), ნ. ბალათურია,
- გ. ბიბიდიშვიდი, პ. ბიედივი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, ი. გაბისონია, გ. გავრდაშვიდი,
- ჯ. გახვიაძე, თ. გეგაშვიდი, ბ. გვიშიანი, ბ. გუსევი (რუსეთი), დ. დბინისი (პოლონეთი), პ. ბუნკედი (ავსტრია),
- გ. თავაძე, დ. თავხელიძე, დ. ივანოვი (რუსეთი), ნ. იმნაძე,
- ა. კაბელიძე (უზბეკეთი), ბ. კაკულია, ვ. კვარაცხელია,
- გ. კვეციანი, გ. კობახიძე, მ. კოსიორ-კაბბერევი (პოლონეთი), ი. კუტუბიძე, მ. კუხალიძე, ბ. ღომსაძე,
- პ. მამელიძე (აზერბაიჯანი), ვ. მაჭვევი (რუსეთი),
- ნ. მახვილაძე, ე. მექმარიაშვიდი, ს. მინასიანი (სომხეთი),
- ს. მიპარა (იაპონია), თ. ნაწრიაშვიდი, ა. ნონეშვიდი,
- ბ. ჟუმაგლოვი (ყაზახეთი), გ. საღუქვაძე, ა. სიკორსკი (პოლონეთი), ი. სკოჩკო (პოლონეთი), რ. სტურუა,
- ა. სუბუკი (იაპონია), გ. ცყემალაძე, ფ. უნგერი (ავსტრია),
- ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ა. ფრანგიშვიდი,
- გ. ქვარცხავა, რ. ქუთათელაძე, ნ. ყავდაშვიდი, ნ. შავიშვიდი,
- ს. შმიდტი (გერმანია), პ. შეროერი (გერმანია),
- გ. ჩოგოვაძე, თ. ცინცაძე, თ. ძაგანია, ნ. წერეთელი,
- ბ. წვერიაძე, ნ. წიგნაძე, ა. ხვედელიძე, რ. ხურთიძე,
- ი. ჯაგოდნიშვიდი.

სამეცნიერო კონსულტანტები:

- ა. აბრეხვი, გ. აბრამიშვიდი, ჯ. ბერიძე, ჯ. გაბელია,
- დ. გორგიძე, რ. გრიგოლია, შ. დევანოსიძე, რ. დიაკონიძე,
- შ. დოლონაძე, ჯ. იოსელიძე, თ. კაიშაური, ფ. კვიციანი,
- ი. კვეციანი, ბ. კოვბირიძე, ნ. დოდაძე, თ. დომინაძე,
- ნ. დომინაძე, თ. მაგრაქველიძე, ი. მეგრელიშვიდი, გ. მედაძე,
- პ. მედაძე, მ. მექმარიაშვიდი, დ. მძინარიშვიდი, ბ. მხვიძე,
- თ. ნამიჩიშვიდი, დ. ნაწროშვიდი, შ. ნაქყვიას,
- ს. სონლუდაშვიდი, თ. ფარესიშვიდი, დ. ყუფარაძე,
- ბ. შანშიაშვიდი, ა. ჩიქოვანი, თ. ჩუბინიშვიდი,
- ე. ცქიციშვიდი, ბ. ნამდაძე, კ. წერეთელი, შ. წეროძე,
- ნ. ქითანავა, მ. ხოსიფაშვიდი, თ. ჯაგოდნიშვიდი.

© საგამომცემლო სახდი „ჟეიქნიკური უნივერსიტეტი“, 2021



Founded in 1924.

Published in quarterly editions.

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

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

Infringement of copyright is punishable by law.

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

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

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

Contact us:

sagamomcemlosakhli@yahoo.com

EDITOR-IN-CHIEF

D. Gurgenidze

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF:

L. Klimiashvili

Z. Gasitashvili

K. Kopaliani

SCIENTIFIC SECRETARY

D. Gorgidze

EDITORIAL BOARD:

A. Abshilava, H. Albrecht (Germany), N. Baghaturia,

G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia),

M. Burjanadze, In. Burkov (Russia), G. Chogovadze, L. Dzienis (Poland), T. Dzagania, I. Gabisonia, J. Gakhokidze,

G. Gavardashvili, O. Gelashvili, B. Gusev (Russia), Z. Gvishiani,

Iv. Jagodnishvili, N. Imnadze, L. Ivanov (Russia), A. Kabulov

(Uzbekistan), Z. Kakulia, N. Kavlashvili, R. Khurodze,

A. Khvedelidze, G. Kobakhidze, M. Kosior-Kazberuk (Poland),

M. Kukhaleishvili, R. Kutateladze, I. Kutubidze, V. Kvaratskhelia,

G. Kvartskhava, G. Kvesitadze, Z. Lomsadze, N. Makhviladze,

G. Mammadov (Azerbaijan), V. Matveev (Russia),

E. Medzmariashvili, S. Mihara (Japan), S. Minasyan (Armenia),

T. Natriashvili, A. Noneshvili, A. Pashayev (Azerbaijan),

A. Prangishvili, G. Salukvadze, S. Schmidt (Germany),

N. Shavishvili, A. Sikorski (Poland), I. Skotchko (Poland),

G. Stroer (Germany), R. Sturua, H. Sunkel (Austria), A. Suzuki

(Japan), G. Tavadze, D. Tavkheldidze, G. Tkemaladze, N. Tsereteli,

N. Tsignadze, T. Tsintsadze, Z. Tsveraidze, F. Unger (Austria),

B. Zhumagulov (Kazakhstan).

SCIENTIFIC ADVISERS:

A. Abralava, G. Abramishvili, J. Beridze, A. Chikovani,

N. Chitanava, T. Chubinishvili, Sh. Dekanosidze, R. Diakonidze,

Sh. Dogonadze, J. Gabelia, D. Gorgidze, R. Grigolia,

M. Khositashvili, J. Iosebidge, T. Jagodnishvili, T. Kaishauri,

Z. Kovziridze, L. Kuparadze, I. Kveselava, T. Kvitsiani,

N. Loladze, N. Lominadze, T. Lominadze, T. Magrakvelidze,

L. Mdzinarishvili, M. Medzmariashvili, I. Megrelishvili,

G. Meladze, H. Meladze, B. Mkheidze, Sh. Nachkebia,

O. Namicheishvili, D. Natroshvili, O. Paresishvili, B.

Shanshiashvili, A. Songulashvili, Z. Tsamalaidze, K. Tsereteli,

Sh. Tserodze, E. Tskitishvili.

© Publishing House „Technical University“, 2021

ISSN 1512-0996



Учрежден в 1924 году.
Периодичность – 4 номера в год

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

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

Нарушение авторских прав наказуемо законом.

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

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

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

Пишите:
sagamomcemlosakhli@yahoo.com

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Д. Р. Гургенидзе

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Л. Д. Климиашвили

З. А. Гаситашвили

К. В. Копалиани

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Д. А. Горгидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ:

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

© Издательский дом „Технический университет“, 2021



შინაარსი

აგრარული და ბიოლოგიური მეცნიერებები

გოჩა ჭუმბურიძე. ხორცპროდუქტების წარმოებაში გამოყენებული კონსერვანტების ეფექტურობა.....	11
--	----

ხელოვნება და ჰუმანიტარული მეცნიერებები

ლიანა სუთიძე. ახალი ტექნიკური ტერმინოლოგიური ლექსიკონის სარედაქციო საკითხისათვის	20
--	----

კომპიუტერული მეცნიერება

ნიკო ცუცქერიძე. გეომეტრიული აღწერის წაკითხვის მეთოდის დამუშავება შედარებითი ანალიზისათვის	28
---	----

გელა ღვინეფაძე, თორნიკე შავიშვილი. ონლაინ სახელმძღვანელოების დაპროექტების კონცეფცია.....	40
--	----

ბადრი გვასალია. ავტომატური მართვის სისტემის წრფივი მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრა ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის მიხედვით.....	55
--	----

ბადრი გვასალია. პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშება ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის მინიმუმის მიხედვით და გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტის მნიშვნელობის გათვალისწინებით.....	75
---	----

ოთარ თავდიშვილი, ზურაბ ალიმბარაშვილი. სემენტირებულ გამოსახულებაზე სემენტის მდებარეობის განსაზღვრის ალგორითმი	98
--	----

მეცნიერება გადაწყვეტილების მიღების შესახებ

სერგო დადუნაშვილი. ორადი ფარდობის დინამიკა	106
--	-----

სერგო დადუნაშვილი. მართვა სასიცოცხლო სივრცეში	119
---	-----

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

გიორგი ომსარაშვილი. მდ. ჭერემისხევის კალაპოტში ფორმირებული წყლების ხარისხის შეფასება სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების მიზნებისათვის 136

მაია კუპრავეიშვილი. წყალსადინარის გასწვრივ ბმული ღვარცოფული გამონატანის ზომების დადგენა, ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური და ჰიდრავლიკური მახასიათებლების გათვალისწინებით 148

მაია კუპრავეიშვილი. ღვარცოფული გამონატანის მოცულობის საანგარიშო მათემატიკური მოდელი 158

ავთანდილ ჯღამაძე. მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური თავისებურებები 166

ავთანდილ ჯღამაძე. მუხრანის არტეზიული აუზის მიწისქვეშა წყლების რესურსები 175

ნიკო ფოფორაძე. ქ. თბილისში რ. გოგიაშვილის ქუჩაზე განვითარებული მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიში GEO5 პროგრამის გამოყენებით..... 185

ნიკო ფოფორაძე. ქ. თბილისის შემოვლითი რკინიგზის ტრასის გასწვრივ განვითარებული საშიში გეოლოგიური პროცესების მიმოხილვა 192

მარინე მარდაშოვა, თინათინ ძაძამია, ნიკა მომცელიძე. წყნეთი-სამადლო საავტომობილო გზის მიმდებარე ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესახებ 202

საინჟინრო საქმე

ირაკლი ქვარაია, ლიანა გიორგობიანი. ძველი შენობის ფასადის შენარჩუნება მისი რეკონსტრუქციის დროს..... 220

ირაკლი ქვარაია, ლიანა გიორგობიანი. თბილისური ცათამბჯენების მშენებლობა..... 232

სოციალური მეცნიერებები

მირანდა გურგენიძე, თამაზ ურთმელიძე. სავალდებულო ლიცენზირების ასპექტები საპატენტო სამართალში 245

ავტორთა საძიებელი 259

რეცენზენტთა საძიებელი 260

ავტორთა საყურადღებოდ 261

CONTENTS

Agricultural and Biological Sciences

Gocha Chumberidze. The Effectiveness of Preservatives Used in Meat Production	11
--	----

Arts and humanities

Liana Sutidze. To the Issue of Editing the New Technical Terminology	20
---	----

Computer Science

Niko Tsutskiridze. Development of a Method For Reading Geometric Description for comparative Analysis	28
Gela Gvinepadze, Tornike Shavishvili. Concept of Designing Online Manuals.....	40
Badri Gvasalia. Determination of the Optimal Values of the Parameters of Linear Corrective Devices of the Automatic Control System by the Integral Quadratic Criterion	55
Badri Gvasalia. Determination of the optimal values of the parameters of the PI controller by minimum integral quadratic criterion taking into account the values transient damping coefficient	75
Otar Tavdishvili, Zurab Alimbarashvili. An Algorithm for Determining the Location of a Segment on a Segmented Image	98

Decision Sciences

Sergo Dadunashvili. Dynamics of the Dual Relationships.....	106
Sergo Dadunashvili. Control in the Space of Life.....	119

Earth and Planetary Sciences

Giorgi Omsarashvili. Evaluation of the Quality of Waters Formed in the River Cheremiskhevi Bed for the Purposes of Drinking and Domestic Water Supply.....	136
Maya Kupravishvili. Determining the Geometric Dimensions of the Mudflow Sedimentation Along the Watercourse Taking Into Account the Physico-mechanical and Hydraulic Characteristics of the Mixture	148
Maya Kupravishvili. Mathematical model for calculating the volume of mudflow	158

Avtandil Jgamadze. Hydrodynamic Features of Mukhrani Artesian Basin	166
Avtandil Jgamadze. Groundwater Resources of Mukhrani Artesian Basin	175
Niko Poporadze. Landslide Sustainability Report on R. Gogiasvili Street in Tbilisi Using GEO5 Program	185
Niko Poporadze. Overview of Hazardous Geological Processes on the Tbilisi Bypass Railway	192
Marine Mardashova, Tinatin Dzadzamia, Nika Momtselidze. Assessment of the Hydrogeological Conditions of the Territory Adjacent To the Tskneti-Samadlo Highway	202
 Engineering	
Irakli Kvaraia, Liana Giorgobiani. Maintenance of the Old Building Facade During Its Reconstruction	220
Irakli Kvaraia, Liana Giorgobiani. Construction of Tbilisi Skyscrapers	232
 Social Sciences	
Miranda Gurgenedze, Tamaz Urtmelidze. Aspects of Compulsory Licensing in Patent Law	245
 Author's Index	259
Reviewer's Index	260
Guidelines for Authors	267

СОДЕРЖАНИЕ

Аграрные и Биологические науки

Гоча Чумбуридзе. Эффективность консервантов, используемых в производстве мясопродуктов..... 11

Искусство и гуманитарные науки

Лиана Сутидзе. К вопросу редактирования нового словаря технической терминологии..... 20

Компьютерные науки

Нико Цуцкеридзе. Разработка метода геометрического анализа активных компонентов детектора ATLAS 28

Гела Гвинепадзе, Торнике Шавишвили. Концепция проектирования онлайн руководств 40

Бадри Гвасалия. Определение оптимальных значений параметров линейных корректирующих устройств системы автоматического управления по интегральному квадратичному критерию..... 55

Бадри Гвасалия. Определение оптимальных значений параметров ПИ регулятора по минимуму интегральному квадратичному критерию с учетом значений коэффициента затухания колебаний переходного процесса..... 75

Наука о принятии решений

Серго Дадунашвили. Динамика двойственных отношений 106

Серго Дадунашвили. Управление в пространстве жизни 119

Науки изучающие Землю и Планетология

Гиоргий Омсарашвили. Оценка качества вод, формировавшихся в русле реки Черемисхеви, в целях питьевого и хозяйственного водоснабжения 136

Майя Куправишвили. Определение размеров выноса селевого потока по руслу водотока с учетом физико-механических и гидравлических характеристик смеси 148

Майя Куправишвили. Математическая модель для расчета объема селевого выноса 158

Автандил Джгмадзе. Гидродинамические особенности Мухранского артезианского бассейна..... 166

Автандил Джгамадзе. Ресурсы подземных вод Мухранского артезианского бассейна	175
Нико Попорадзе. Отчет об устойчивости к оползням на улице Р. Гогиашвили в Тбилиси с использованием программы GEO5	185
Нико Попорадзе. Обзор опасных геологических процессов на Тбилисской объездной железной дороге.....	192
Марине Мардашова, Тинатин Дзадзамия, Ника Момцелидзе. Оценка гидрогеологических условий территории, прилегающей к автомобильной дороге Цхнети-Самадло	202
 Инженерное дело	
Иракли Кварая, Лиана Гиоргобиани. Сохранение фасада старого здания во время его реконструкции.....	220
Иракли Кварая, Лиана Гиоргобиани. Строительство Тбилисских небоскребов	232
 Социальные науки	
Миранда Гургенидзе, Тамаз Уртмелидзе. Аспекты обязательного лицензирования в патентном законе	245
 Указатель авторов	259
Указатель рецензентов	260
К сведению авторов	270

UDC 637.5

SCOPUS CODE 1106

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-11-19>

ხორცპროდუქტების წარმოებაში გამოყენებული კონსერვანტების ეფექტურობა

გოჩა ჭუმბურიძე სასურსათო ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, გურამიშვილის გამზირი 17
E-mail: Gocha.chumburidze@gmail.com

რეცენზენტები:

ვ. ლიღვაშვილი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: Vasil-gligvashvili@mail.ru

ა. ჭკუასელი, აგრარული უნივერსიტეტის მეცხოველეობის ინსტიტუტის დირექტორი, პროფესორი

E-mail: a.chkuaseli@agruni.ge

ანოტაცია. ხორცპროდუქტების ხანგრძლივი შენახვის, მათი ხარისხისა და უვნებლობის შენარჩუნების მიზნით გადამამუშავებელი საწარმოები იყენებენ კონსერვანტებს და ანტიოქსიდანტებს, რომლებიც საკმაოდ ეფექტურია, თუმცა მომხმარებლისათვის გარკვეულ საფრთხეს წარმოადგენს.

დღეისათვის საქართველოს ხორცის გადამამუშავებელ საწარმოებში გამოიყენება სხვადასხვა სახის კონსერვანტი: „ბომბალი“, „BAKSOLAN 4“, „სტანდარტ კონსერვანტი“, „სტანდარტ კონსერვანტ პლუსი“ და სხვ. ყველა მათგანი კომპლექსური დანამატია და, ძირითადად, მიღებულია ქიმიური სინთეზის შედეგად. მაგ., „BOMBAL ACS SUPER“ არის სამი ქიმიური ნაერთის – ნატრიუმის პიროსულფიტის (E223), ნატრიუმის აცეტატის (E262) და ნატრიუმის

ციტრატის (E331) ნარევი. ამასთანავე დიდია იმის ალბათობა, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას ამ დანამატმა შეიძლება გამოიწვიოს კუჭ-ნაწლავის, თირკმლებისა და სისხლძარღვების პრობლემები, ასევე ალერგიული რეაქციები და სხვ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია მცენარეული წარმოშობის გაცილებით უსაფრთხო საკვებდამამატების გამოყენების შესაძლებლობების შესწავლა; ცნობილია, რომ ანტიმიკრობული და ანტიოქსიდანტური თვისებებით ხასიათდება საქართველოში კულტივირებული, აგრეთვე ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული მრავალი მცენარე, მაგალითად: ჯანჯაფილი, როზმარინი, თავშავა, ომბალო, ბეგქონდარა, ნიორი და ა.შ. როგორც ჩანს, ამ მცენარეების კონსერვანტებად გამოყენება ძეხვისა და ხორცის სხვა პროდუქტების წარმოებაში მნიშვნელოვნად

შეამცირებს მომხმარებლის დაავადებათა რისკს. მიგვაჩნია, რომ ამ მიმართულებით სამეცნიერო კვლევების ჩატარება მეტად პერსპექტიულია.

საკვანძო სიტყვები: კონსერვანტები; მცენარეული დანამატები; უვნებლობა; ხორცპროდუქტები.

შესავალი

სურსათისა და, მათ შორის, ხორცის პროდუქტების დამზადებისას საკვებდანამატების გამოყენების ისტორია შორეული წარსულიდან იწყება. ეს დანამატები, ძირითადად, მინერალური (ნატრიუმის ქლორიდები და ნიტრიტები) ან მცენარეული წარმოშობის (სხვადასხვა საწებელი) იყო და, როგორც წესი, გამოიყენებოდა მზა ნაწარმის შენახვის პერიოდის გასახანგძლივებლად, აგრეთვე სასურველი სენსორული თვისებების მისაღწევად. მოგვიანებით, ხორცის გადამამუშავების თეორიული საფუძვლების დამუშავების კვალბაზე, ძეხვეულის წარმოებაში დაიწყო ფოსფორმჟავას მარილების, ნატრიუმის გლუტამატის, ნატრიუმის ასკორბინატისა და სხვა ნივთიერებების გამოყენება, რომლებიც უზრუნველყოფდა მომწიფებისას ხორცის ფარშის სტაბილიზაციას, მეორეული სტრუქტურის ჩამოყალიბების უნარის გაუმჯობესებას და სხვ.

დღეისათვის მსოფლიოში რეგისტრირებულია 2000-ზე მეტი საკვებდანამატი. მათი გამოყენების მიზანი სენსორული თვისებებისა და შენახვის გასახანგძლივებასთან ერთად არის ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა (მაგ., ტენის შებოჭვის უნარის, მჟავიანობის და სხვ.) და სახის (მაგ., ფერის)

შეცვლა, აგრეთვე მრავალკომპონენტური პროდუქტში სხვადასხვა სისტემის შეკავშირება, სასურველი კონსისტენციის მიღწევა, მზა ნაწარმის გამოსავლიანობის გაზრდა და ა.შ.

ზოგადად, ყველა სახის საკვებდანამატის რეგლამენტში ხაზგასმულია, რომ მისი გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ მაშინ, როდესაც არ უქმნის საფრთხეს ადამიანის ჯანმრთელობას და არ აკუმულირდება მის ორგანიზმში, ზოგიერთ ქვეყანაში მათი გამოყენება ნებადართულია, როდესაც სხვა გზით შეუძლებელია კონკრეტული სახის პროდუქტის დამზადების ტექნოლოგიური ამოცანის გადაწყვეტა.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოში ხორცის გადამამუშავებელი საწარმოების მიერ საკვებდანამატების გამოყენების აუცილებლობა განპირობებულია იმითაც, რომ ძირითადი ნედლეული, როგორც წესი, იმპორტირებულია, ხასიათდება არაერთგვაროვანი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით და დაბალი ხარისხით. მაგალითად, ჩვენში ძეხვეული, ლორი, ნახევარფაბრიკატები და სხვა ხორცპროდუქტები, როგორც წესი, მზადდება გაყინული ხორცისაგან, რომელიც გაყინვისას, შენახვისა და, შემდგომ, გაღობისას განიცდის შეუქცევად ცვლილებებს. კერძოდ, ასეთ ხორცს დაკარგული აქვს ახალი (მომწიფებული) და გაცივებული ხორცისთვის დამახასიათებელი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, მათ შორის, ტენის შებოჭვისა და მეორეული სტრუქტურების წარმოქმნის უნარი.

საერთაშორისო კოდიფიკაციით (INS), რომელიც შეტანილია სურსათისა და სოფლის მეურ-

ნეობის (FAO), ასევე ჯანდაცვის მსოფლიო (WHO) ორგანიზაციის ერთიან სასურსათო კოდექსში (Codex Alimentarius), საკვებდანამატებს მინიჭებული აქვს სამნიშნა ან ოთხნიშნა რიცხვი/ინდექსი, ხოლო ევროგაერთიანების ქვეყნებში პრეფიქსად ეწერებათ „E“ (ევროპა). ამ სისტემით, დანიშნულების (მოქმედების ეფექტის) მიხედვით, საკვებდანამატები დაყოფილია ჯგუფებად, ხოლო ინდექსის პირველი ციფრი მიუთითებს კონკრეტული დანამატის ამ ჯგუფისადმი კუთვნილებაზე; მაგალითად, E100 - E199 ინდექსის ქვეშ გაერთიანებულია საკვები საღებრები და ფერის სტაბილიზატორები, E200 - E299 - კონსერვანტები, E300 - E399 - ანტიოქსიდანტები (ანტიდამჟანგავები) და აღმდგენები, E400 - E499 - ემულგატორები და სტაბილიზატორები და ა.შ. ინდექსით E1000 და ზემოთ ჯგუფებში გაერთიანებულია პროტეაზები, ინვერტაზები, ლიპაზები, ლიზოციმი, ფერმენტული პრეპარატები, შემავსებლები, ტენდამჭერები, შეწებების საწინააღმდეგო, ტესტურატორები და სხვა კომპლექსური საკვებდანამატები [1],

სხვა კლასიფიკაციით [2], საკვებდანამატები დაყოფილია 4 დიდ ჯგუფად: 1. საღებრები, 2. გემოს მარეგულირებლები, 3. პროდუქტის კონსისტენციისა და ტექსტურის ფორმირებაში მონაწილე და 4. მზა ნაწარმის შენახვის ვადის გამახანგრძლივებლები.

აღსანიშნავია, რომ სურსათის სპეციალისტების საერთო აღიარებით საკვებდანამატებს არ მიეკუთვნება ის ნივთიერებები, რომლებიც აუმჯობესებს სასურსათო პროდუქტის კვებით ღირებულებას, აგრეთვე ბიოლოგიურად აქტიურ ჯგუფზე მიკუთვნ-

ებული ნივთიერებები: ვიტამინები, მიკროელემენტები და ამინომჟავები.

საქართველოს კანონმდებლობით [3] ტერმინი „საკვებდანამატი“ განმარტებულია როგორც ნივთიერება, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში არ გამოიყენება სურსათად, მაგრამ ემატება სურსათს წარმოების, გადამამუშავებისა და შენახვისას.

დადებით თვისებებთან ერთად, საკვებდანამატების უვნებლობა მეტად აქტუალური და გადასაწყვეტი პრობლემაა. საქმე ის არის, რომ დანამატმა არ უნდა გამოავლინოს ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფითი მოქმედება, აგრეთვე არ უნდა გააუარესოს თავად პროდუქტის კვებითი ღირებულება, სასაქონლო სახე, სენსორული თვისებები და სხვ.

აღნიშნულის გამო, სურსათის წარმოებაში დაშვებამდე სურსათის უვნებლობის ევროპის სააგენტო (European Food Safety Authority – EFSA) ატარებს ყველა საკვებდანამატის ტესტირებას უვნებლობაზე, მათ შორის ტოქსიკურობის, კანცეროგენურობის, მუტაგენურობისა და ადამიანის ორგანიზმზე სხვა შესაძლო უარყოფითი მოქმედების შეფასებით. საგულისხმოა, რომ ყველა საკვებდანამატზე კვლევები გრძელდება დაშვების შემდეგაც და მათი გამოყენების შესაძლებლობებზე კორექტირება ხდება ახალი გარემოებების აღმოჩენის შესაბამისად.

კვლევის შედეგებით, უვნებლობის ხარისხიდან გამომდინარე, საჭიროებისას, სააგენტო განსაზღვრავს ადამიანის მიერ ამ ნივთიერების დღიურად მიღების დასაშვებ ნორმას (acceptable daily dose – ADD) ანუ იმ მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელიც შეიძლება საკვებთან ან სითხესთან ერთად მიიღოს

ადამიანმა და ამით მის ჯანმრთელობას არ მიაღ-
გება ზიანი [4].

საკვებდანამატების უვნებლობის ხარისხსა და
სურსათში დასაშვებ ნორმებს ადგენს გაეროს სურ-
სათისა და სოფლის მეურნეობის, აგრეთვე ჯანმრ-
თელობის დაცვის ორგანიზაციების ექსპერტების
გაერთიანებული კომიტეტი; კვლევის შედეგები შე-
ტანილია სპეციალურ კატალოგში [5, 6] და მსურ-
ველთათვის ხელმისაწვდომია. ყოველი კონკრე-
ტულად აღებული ქვეყნის შესაბამისი სამსახური,
თავის მხრივ, ადგენს ამა თუ იმ საკვებდანამატის
გამოყენების რეგლამენტს [7 – 9].

უვნებლობის ხარისხის გათვალისწინებით საკ-
ვებდანამატებს ყოფენ შემდეგ კატეგორიებად: საში-
ში (Dangerous), აკრძალული (Prohibited), საეჭვო
(Suspicious), ავთვისებიანი სიმსივნის მასტიმული-
რებელი (Malignant Tumors), არტერიულ წნევაზე
მოქმედი (arterial blood pressure), კანის დაავადებე-
ბის, ან გამონაყარის გამომწვევი (Skin diseases or
rash), სისხლში ქოლესტეროლის მატების (Cho-
lesterol increase) და კუჭ-ნაწლავის აშლილობის
(Diarrhea, or intestinal disorder) გამომწვევები. ასეთი
უარყოფითი ეფექტის გამომწვევი საკვებდანამა-
ტები მრავლადაა და მათი გამოყენება ევროპის
უმეტეს ქვეყანაში აკრძალულია [10] (სურ. 1).

კალიან საშიში	E123	E510	E513	E527				
საშიში	E102	E110	E120	E124	E127	E129	E155	E180
	E201	E220	E222	E223	E224	E228	E233	E242
	E400	E401	E402	E403	E404	E405	E501	E502
	E503	E620	E636	E637				
კანსაქრობენურები	E131	E142	E153	E210	E212	E213	E214	E215
	E216	E219	E230	E240	E249	E280	E281	E282
	E283	E310	E945					
კუჭის აშლილობა	E338	E339	E340	E341	E343	E450	E461	E462
	E463	E465	E466					
კანის დაავადებები	E151	E160	E231	E232	E239	E311	E312	E320
	E907	E951	E1105					
ნაწლავების ფუნქციის მოშლა	E154	E626	E627	E628	E629	E630	E631	E632
	E633	E634	E635					
პიპერტონია	E154	E250	E252					
ბავშვებისთვის საშიში	E270							
აკრძალული	E103	E105	E111	E121	E123	E125	E126	E130
	E152	E211	E952					
საეჭვო	E104	E122	E141	E171	E173	E241	E477	

სურ. 1. სურსათის წარმოებაში აკრძალული დანამატები [11]

ამდენად, ნებისმიერი ახალი საკვებდანამატის გამოყენება დაიშვება მხოლოდ სპეციალური და ყოვლისმომცველი შემოწმების გავლის შემდეგ.

საკვებდანამატებიდან, უვნებლობის თვალსაზრისით, პრაქტიკულად ყველა ქვეყნის ჯანმრთელობის დაცვის სამსახურის, დიეტოლოგებისა და მომხმარებელთა შორის ყველაზე მეტ ეჭვს ბადებს და აქტიური განსჯის საგანია კონსერვანტები, რომლებიც, როგორც აღინიშნა, ახანგრძლივებს მზა ნაწარმის შენახვის ვადას.

შენახვისას, დროთა განმავლობაში, მზა ნაწარმი საკვებად უვარგისი ხდება. გაფუჭებას ან კიდევ სასაქონლო სახის დაკარგვას განაპირობებს ერთდროულად და ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად მიმდინარე მიკრობიოლოგიური, ბიოქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები; ამათგან, პირველი ვითარდება თერმული დამუშავების შემდეგ ცოცხლად გადარჩენილი ე.წ. „ნარჩენი“ მიკროფლორის და/ან სოკოების ცხოველმოქმედებით, მეორე გამოწვეულია, ასევე ნარჩენი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების, ფერმენტებისა და ჰორმონების მოქმედებით, ხოლო მესამე დაკავშირებულია ჰაერთან შეხებისას ჟანგითი პროცესების განვითარებასა და ტენის აორთქლებასთან.

სხვადასხვა მონაცემით, დღეისათვის სურსათის მრეწველობაში ნებადართულია რამდენიმე ათეული კონსერვანტის გამოყენება; მათ მკვლევრები და სურსათის უვნებლობის სპეციალისტები ყოფენ 5 ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედის ყველაზე გავრცელებული მარილები ნატრიუმისა და კალიუმის ქლორიდები. მეორეა ანტიბიოტიკები, მესამე კალიუმისა და კალციუმის სულფატები, მეოთხეში

გაერთიანებულია სორბინისა და ბენზოინის მჟავები, ხოლო მეხუთე ჯგუფში – რძის, ძმრისა და ვაშლის მჟავები.

საგულისხმოა, რომ გარკვეული მაკონსერვებელი თვისებებით ხასიათდება ასევე ანტიოქსიდანტური (ანტიდამჟანგავი) და აღმდგენი თვისებების მქონე საკვებდანამატები.

საქართველოს ხორცის გადამამუშავებელ საწარმოებში გამოიყენება რამდენიმე სახის კონსერვანტი: „ბომბალი“, „Baksolan-4“, „სტანდარტ კონსერვანტი“, „სტანდარტ კონსერვანტ პლუსი“ და სხვ. პრაქტიკულად ყველა მათგანი არის კომპლექსური დანამატი. მაგალითად, გერმანული კომპანია „VAN HEES“-ის მიერ შემოთავაზებული კონსერვანტი, „BOMBAL® ASC Super არის კომპლექსური საკვებდანამატი და სამი ნივთიერების: ნატრიუმის პიროსულფიტის (E223), ნატრიუმის აცეტატისა (E262) და ნატრიუმის ციტრატის (E331) ნარევი. ის ძირითადად ავლენს მაკონსერვებელ თვისებებს. ამასთანავე, ამ ნივთიერებათა თვისებების გაცნობით ცხადი ხდება, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას მოსალოდნელია კუჭ-ნაწლავის, ღვიძლის, თირკმლებისა და სისხლძარღვების დაავადებების განვითარება, აგრეთვე ალერგიული რეაქციები, ჰიპერტონია, დიზბაქტერიოზი და სხვ.

სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ანტიმიკრობული და ანტიოქსიდანტური თვისებებით ხასიათდება ზოგიერთი ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ნედლეული და ნივთიერება.

მაგალითად, აღმოჩნდა, რომ კარგი მაკონსერვებელი თვისებით ხასიათდება მეფუტკრეობის ერთ-

ერთი მნიშვნელოვანი პროდუქტი პროპოლისი. ა. სულთანგარიევის და სხვათა [13] მონაცემებით, წყალსა ან სპირტში ნივთიერების 5, 10 და 15%- იანი ნაყენის მეხვეულის ბატონის ზედაპირზე წასმთრგუნავს (ანელებს) ე.წ. ხელოვნური ცილის (ბელკოზინის) გარსაცმზე ლპობის ბაქტერიების განვითარებას და ახანგრძლივებს მზა ნაწარმის შენახვის ვადას.

ბოლო პერიოდში მკვლევრების ყურადღება მიექცია მცენარეული ნედლეულის მაკონსერვებელმა და ანტიოქსიდანტურმა თვისებებმა. ცნობილია, რომ ზოგიერთი მცენარე, გარკვეული გემოვნებითი თვისებების მისაცემად, ოდითგანვე გამოიყენება კულინარიაში და, ზოგადად, სასურსათო პროდუქტების ტექნოლოგიაში. ამასთანავე აღმოჩნდა, რომ ისინი ხასიათდება ბაქტერიციდული და/ან ბაქტერიოსტატიკური და ზოგიერთი სხვა თვისებით. მაგალითად, დადგენილია, რომ კარგი მაკონსერვებელი თვისებით ხასიათდება ჯანჯაფილის (*Zingiber*) [14], როზმარინის (*Rosmarinus officinalis*) [15], ნივრის (*Allium sativum*) [16] და ზოგიერთი სხვა მცენარის ვეგეტაციური ნაწილებისგან დამზადებული ნაყენი და/ან მათი ეთერზეთები.

სინთეზურ პრეპარატებთან შედარებით, მცენარეული კონსერვანტების ეფექტურობა ისაა, რომ ისინი ლპობის ბაქტერიების ცხოველყოქმედების დათრგუნვასთან ერთად ავლენენ ანტიოქსიდანტურ თვისებებს, აკავებენ ლიპიდების დაჟანგვის პროცესს

და/ან ფარმის ფერის ცვლილებებს [17], რაც ახანგრძლივებს მზა ნაწარმის შენახვის ვადას და უნარჩუნებს მას სასაქონლო სახეს. მნიშვნელოვანია სხვა ეფექტიც. მაგალითად, C.W.Balentine et al. [18] ნახეს, რომ სასურსათო პროდუქტში ჩვეულებრივი ანუ სამკურნალო როზმარინის საკვებდანამატად გამოყენება სასარგებლოა არა მარტო, ზოგადად, ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, არამედ იცავს ორგანიზმს ავთვისებიანი წარმოქმნის განვითარებისაგან. ამასთანავე, ამ მცენარეთა დიდი ნაწილის საკვებდანამატებად გამოყენებას გარკვეულწილად ზღუდავს მკვეთრად გამოხატული, როგორც წესი, დასამზადებელი კონკრეტული პროდუქტისთვის უცხო, განსხვავებული, არადამახასიათებელი გემო და სუნე; თავის მხრივ, ასეთ სენსორულ თვისებებს განაპირობებს მათ შედგენილობაში შემავალი ეთერზეთები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება, რომლებიც, იმავდროულად განაპირობებს ანტიმიკრობულ და ანტიოქსიდანტურ თვისებებს.

დასკვნა

სპეციალური ლიტერატურის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ საქართველოში მრავლადაა ანტიმიკრობული და ანტიოქსიდანტური თვისებების მქონე მცენარეები; ამრიგად, მომხმარებლისათვის ნაკლებად რისკის შემცველი მცენარეული წარმოშობის ახალი ნივთიერებების გამოვლენა მეტად პერსპექტიული და აქტუალურია.

ლიტერატურა

1. <https://studfile.net/preview/8184644/page:2/>;
2. https://studme.org/296018/tehnika/klassifikatsiya_pischevyh_dobavok_zavisimosti_naznacheniya (In Russian);
3. Law of Georgia: Food/Feed Safety, Veterinary and Plant Protection Code (Legislative Herald of Georgia, 22.05.2019); <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/1659434?publication=13>. (In English);
4. WHO; "Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food". Environmental Health Criteria 70, 1987. (In English);
5. https://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/jecfa/en/. (In English);
6. <https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Data/f1295594710650.pdf> (In English);
7. A.W. Randell & A.J. Whitehead. Codex Alimentarius: food quality and safety standards for international trade. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 1997, 16 (2), 313-321 (In English);
8. A. Oreshchenko, A. Beresten. About food additives and food products. Food Industry Magazine, № 6, 1996. (In Russian);
9. The Decree of Georgian Labour, Health and Social Affairs Minister N 311/n, 16/08/2001 "Regarding approval of sanitary rules and norms of using food additives". (In Georgian);
10. K.Laperashvili, Z.Kuchukashvili. Food safety and quality. Tbilisi, 2011, pp. 1-143. (In Georgian);
11. https://www.cosmo.ru/health/your_health/samye-vrednye-pishchevye-dobavki-znay-vraga-v-lico/ (In Russian);
12. Zia-ur-Rehman; Salariya, A. M. and Habib, F. (2003): Antioxidant activity of ginger extract in sunflower oil, J. Sci. Food Agric., 83; 624-629 (In English);
13. Rıznar, K.; Celan, S.; Knez, Z.; Skerget, M.; Bauman, D. and Glaser, R. (2006): Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary extract in chicken frankfurters. Food Chemistry and Toxicology, 71; 425-429. (In English);
14. Sallam, K. I.; Ishioroshi, M. and Samejima, K. (2004): Antioxidant and antimicrobial effect of garlic on chicken sausage. Lebenson Wiss Technol., 37(8); 849-855. (In English);
15. Celia J. Hugo* and Arno Hugo. Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. Trends in Food Science & Technology 45,2015. (In English);
16. C. W. Balentine, P. G. Crandall, O'Bryan, C. A., Duong, F. W. Pohlman. The pre- and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and colour during storage of ground beef. Meat Science, 73, 2006. (In English);

UDC 637.5

SCOPUS CODE 1106

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-11-19>

The Effectiveness of Preservatives Used in Meat Production

Gocha Chumburidze Department of Food Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0192, Tbilisi, 17 D. Guramishvili str.
E-mail: gocha.chumburidze@gmail.com

Reviewers:

V. Gligvashvili, Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: Vasil-gligvashvili@mail.ru

A. Chkuaseli, Professor, Head of the Institute of Animal Husbandry of Agricultural University of Georgia

E. email: a.chkuaseli@agruni.ge

Abstract. In order to store meat products for a long period of time, to maintain their quality and safety, meat producing companies use preservatives and antioxidants, which prove to be quite effective. However, they constitute some threat for the consumer.

Various types of preservatives are used in meat processing companies in Georgia: “BOMBAL® ASC Super“, „BAKSOLAN-4“, “Standard Conservative”, “Standard Conservative Plus” and others. All of them represent a complex additive obtained through a chemical synthesis. For example, “BOMBAL ACS SUPER” is a mixture of three chemical compounds: Sodium Pyrosulphite (E223), Sodium Acetate (E262), and Sodium Citrate (E331). There is a high probability of causing problems to digestive system, kidneys, and cardiovascular system, as well as allergic reactions when these conservatives get into a human organism.

Consequently, it is essential to study the possibilities of much safer herbal conservatives usage. It is well known that many species of plants, such as ginger, rosemary, oregano (*Origanum vulgare* L), thyme (*Thýmus*), pennyroyal (*Mentha pulegium*), garlic and others possess antimicrobial and antioxidant qualities. These plants are wide-spread in a natural habitat in Georgia and are cultivated in the country as well. As it appears, the use of these herbs as conservatives in sausage making as well as other meat products will significantly reduce the risk of disease in customers. We find that a scientific research in this field has a lot of prospect.

Key words: herbal additives; meat products; preservative; safety.

UDC 637.5

SCOPUS CODE 1106

HTTPS://DOI.ORG/10.36073/1512-0996-2021-1-11-19

Эффективность консервантов, используемых в производстве мясопродуктов

Гоча Чумбуридзе Департамент пищевых технологий, Грузинский технический университет,
Грузия, 0192 г. Тбилиси. Пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: gocha.chumburidze@gmail.com

Рецензенты:

В. Глигвашвили, профессор факультета аграрных наук и инженеринга биосистем ГТУ
E-mail: Vasil-gligvashvili@mail.ru

А. Чкуасели, профессор, директор Института животноводства Аграрного университета Грузии
E. email: a.chkuaseli@agruni.ge

Аннотация. Для увеличения сроков хранения мясной продукции, сохранения ее качества и безопасности, перерабатывающие предприятия используют консерванты и антиоксиданты, которые достаточно эффективны, но представляют определенную опасность для здоровья потребителей.

В настоящее время на мясоперерабатывающих предприятиях Грузии используются различные виды комплексных консервантов: «Бомбал», «Баксолан-4», «Стандарт консервант», «Стандарт консервант плюс» и другие. Все они являются комплексными добавками и, в основном, получены в результате химического синтеза. Например, «BOMBAL ACS SUPER» состоит из трех химических соединений, пищевых добавок: пиросульфита натрия (E223), ацетата натрия (E262) и цитрата натрия (E331). Однако, при попадании в пищеварительный тракт человека, существует высокая вероятность того, что может вызвать проблемы с желудочно-кишечным трактом, почками и кровеносными сосудами, а также аллергические реакции и т. д.

На основании вышеизложенного, важно определить возможности использования для этой цели более безопасных пищевых добавок растительного происхождения. Известно, что антимикробными и антиоксидантными свойствами обладают возделываемые и широко распространенные в природе Грузии многие растения, например: имбирь, розмарин, тимьян, мята луговая, душица, чеснок и др. По-видимому, использование этих растений в качестве консервантов при производстве колбасных изделий и других мясных продуктов, значительно снизило бы риск некоторых заболеваний у потребителей. С этой точки зрения проведение научных исследований в этом направлении считаем весьма перспективным.

Ключевые слова: безопасность; консерванты; мясопродукты; травяные добавки.

განხილვის თარიღი 24.11.2020

შემოსვლის თარიღი 25.11.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 001.4

SCOPUS CODE 1203

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-20-27>

ახალი ტექნიკური ტერმინოლოგიური ლექსიკონის სარედაქციო საკითხისათვის

ლიანა სუთიძე სამშენებლო მანქანების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: l.sutidze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ლ. ქაროსანიძე, თსუ-ის არნ. ჩიქობავას სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტის თარგმნითი ლექსიკონებისა და სამეცნიერო ტერმინოლოგიის განყოფილების ხელმძღვანელი
E-mail: l.karosanidze@gmail.com

მ. ოსაძე, თსუ-ის არნ. ჩიქობავას სახელობის ენათმეცნიერების ინსტიტუტის თარგმნითი ლექსიკონებისა და სამეცნიერო ტერმინოლოგიის განყოფილების უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი
E-mail: marineosadze@mail.ru

ანოტაცია. ქართული ტექნიკური ტერმინოლოგია (ქართულ-რუსული და რუსულ-ქართული ნაწილები) კარგა ხანია მოძველდა და ვეღარ უპასუხებს თანამედროვე მოთხოვნებს. ის საჭიროებს არა მარტო განახლებას, არამედ სტრუქტურულ ცვლილებასაც.

უახლესი საკომუნიკაციო და საინფორმაციო ტექნოლოგიების მზარდი ტექნიკური პროგრესი მოითხოვს, ზოგადად, სამეცნიერო ტერმინოლოგიის და, კონკრეტულად, ტექნიკური ტერმინოლოგიის განახლებას.

უცხო ტერმინების დამკვიდრება შესამჩნევია არა მარტო ზეპირ მეტყველებაში, არამედ სამეცნიერო ლიტერატურაშიც. განსაკუთრებით სცოდავს სარეკ-

ლამო სამსახური. მაგალითად, გვთავაზობენ რუღევის აღდგენას, გროხოტის გამძლე ბადეებს დრაბილკებისათვის, რაზვალის აღდგენას და სხვა. ამას ხელს უწყობს თავად არსებული ტერმინოლოგიაც, რადგანაც უამრავი უთარგმნელი ტერმინი გვხვდება მასში. მაგალითად: ბრემსბერგი, ვერპი, ვერსორი, ლაფეტი, პეტარდა, რუმბატრონი და სხვა. რა თქმა უნდა, ყველა მათგანის გაქართულება შეუძლებელია და ახალ ტექნიკურ ტერმინოლოგიაში ისინი შესაძლოა უცვლელად შევიდეს. მით უმეტეს, როცა სრულიად ახალი ტექნიკური ტერმინები ნიაღვარივით შემოედინება ქართულ ენაში.

თუ გვინდა, რომ ტერმინი და მისი ფუნქცია გასაგები იყოს ყველასათვის და მოსახმარისი (დავესეს-

ხებით ამ გამონათქვამს სულხან-საბას), მაშინ ახალი ტექნიკური ტერმინოლოგია უნდა აიგოს განმარტებითი ლექსიკონის სახით, ყოველგვარი, ე.წ. ბუდეების გარეშე, რაც თავიდან აგვაცილებს სხვადასხვაგვარად ინტერპრეტირებული ტერმინების მოხვედრას ტექნიკურ ლიტერატურასა და სახელმძღვანელოებში.

გთავაზობთ რამდენიმე ხარვეზს არსებულ ტექნიკურ ტერმინოლოგიაში, რომელთა გამოსწორებაც აუცილებელია სარედაქციო სამუშაოების მიმდინარეობისას. მრავალი ტერმინი დასახვეწია, მაგალითად, იგრიხებადი (გრეხადი); იწვებადი (წვადი); მხუთრიანი (მხუთავი); მეზარდი (მზარდი) და სხვა.

სინონიმურ ტერმინებს უნდა მოსცილდეს არაქართული წარმოშობის შესატყვისები. ტექნიკურ ტერმინოლოგიურ ლექსიკონში გვხვდება: შკაფი – კარადა; შოფერი – მძღოლი; შოფერი – მექანიკოსი; სკრაიბერი – საკაწრელი და სხვა.

გასამიჯნავია, თუ შეიძლება ასე ეწოდოს, ხილული და უხილავი ტერმინები: ღერძი (როგორც მანქანის ნაწილია, ასევე სიმეტრიისა, კოორდინატა...); თვალი (ამძრავის გადაცემაში და სავალ ნაწილში); არხი (სამელიორაციო და სატელევიზიო...) და სხვა. ლექსიკონიდან ამოსადებია უკვე მოძველებული, ხმარებიდან გამოსული ტერმინები. მაგალითად: бензозаправочная колонка – ბენზინის ჩასასხმელი სვეტი // ბენზინის ჩასასხმელი; უნდა იყოს ბენზინ-გასამართი.

საკვანძო სიტყვები: ლექსიკონი; უცხო ტერმინები; ტექნიკური ტერმინოლოგია; ტერმინოლოგია.

შესავალი

უახლესი საკომუნიკაციო და საინფორმაციო ტექნოლოგიების მზარდი ტექნიკური პროგრესი მოითხოვს, ზოგადად სამეცნიერო ტერმინოლოგიისა და კონკრეტულად ტექნიკური ტერმინოლოგიის განახლებას.

ქართული ტექნიკური ტერმინოლოგია (ქართულ-რუსული და რუსულ-ქართული კერძოდ) რომ კარგა ხანია მოძველდა და ვეღარ უპასუხებს თანამედროვე მოთხოვნებს, არახალია. მასში მრავლადაა: მოძველებული ტერმინები, ე.წ. კურიოზული ტერმინები, უთარგმნელი უცხო ტერმინები; რამდენიმე ტერმინი მოცემულია ქართულ-უცხოური სახით; ბუდეებში გვხვდება სხვადასხვა მნიშვნელობის ერთი და იგივე ტერმინი და სხვა. აქედან გამომდინარე, ტექნიკური ტერმინოლოგია მოითხოვს ძალზე მნიშვნელოვან გადახალისებას და კარგად მოფიქრებულ სტრუქტურულ აგებას. ტერმინის შესახებ ინფორმაცია უნდა იყოს რაც შეიძლება მოკლე და ამომწურავი, რათა მკითხველს არ გაუჩნდეს სხვა წყაროების მოძიების საჭიროება. ამასთანავე, არაერთ ტერმინს საერთოდ გავრცელებულ მნიშვნელობასთან ერთად აქვს ვიწრო სპეციალური მნიშვნელობა, რაც მოითხოვს ენათმეცნიერებისა და სხვადასხვა ტექნიკური დარგის სპეციალისტებს შორის მეტ კავშირსა და შეთანხმებას, რათა არ მოხვდეს არასწორად ნათარგმნ-განმარტებული ტერმინი ახალ ტექნიკურ ტერმინოლოგიურ ლექსიკონში.

ძირითადი ნაწილი

ძალზე რთულია უცხოური ტერმინების მოზღვაგებასთან ბრძოლა. მზარდი სისწრაფით შემოვიდა

და დამკვიდრდა უამრავი უცხო ტერმინი, მიუხედავად იმისა, გვაქვს თუ არა მათი შესატყვისი ქართული ტერმინი. მაგალითად, *თინეიჯერი*, *სილაბუსი*, *პორტფოლიო*, *კურსკულუმი*, *ინსტალაცია*, *ლოკაცია* და სხვა. თუმცა, ამის საპირისპიროდ ვერ გახდა გამოყენებადი ისეთი ქართული ტერმინები, როგორებიცაა *პოჭოჭიკი*, *სიზრქე*, *მეზარდი*, *ლილვობი* და სხვა.

უცხო და კალკირებული ფორმების დამკვიდრება შესამჩნევია არა მარტო ზეპირ მეტყველებაში, არამედ სამეცნიერო და სასწავლო ლიტერატურაშიც, რასაც ნაწილობრივ ხელს უწყობს თავად არსებული ტექნიკური ტერმინოლოგიური ლექსიკონი, რომელშიც „უწყინარად თანაარსებობს“ ქართულ-რუსული წყვილი: *შკაფი – კარადა*; *შოფერი – მძღოლი*; *საკაწრელი – სკრაიბერი* (სკრაიბერი ქართულად საფხეკს ან სახვეტს ნიშნავს, ხოლო *საკაწრელი* არის *царапка*, ე.ი. აქაც უზუსტობაა. ასევე, ლექსიკონში მრავლადაა უთარგმნელი ტერმინები, რომელთა დანიშნულება, სპეციალისტების გარდა, გაუგებარია ჩვეულებრივი მკითხველისთვის, მაგალითად, *ბრემსბერგი*; *ვერაპი*; *ვერსორი*; *პეტარდა*; *რუმბატრონი* და სხვა.

ტექნიკური ტერმინოლოგიური ლექსიკონის კიდევ რამდენიმე ხარვეზზე გავამახვილებ ყურადღებას, რომელთა გამოსწორებაც აუცილებელი იქნება ახალი ტერმინოლოგიის სარედაქციო სამუშაოების მიმდინარეობისას.

Бензозаправочный – ბენზინის ჩასასხმელი; უ.ი. ბენზინგასამართი;

Бензозаправочная колонка – ბენზინის ჩასასხმელი სვეტი; უ.ი. ბენზინგასამართი სვეტი;

колонка бензораздаточная – ბენზინსარიგებელი სვეტი; უ.ი. ბენზინსარიგებელი;

колонка маслораздаточная – ზეთსარიგებელი სვეტი; უ.ი. ზეთსარიგებელი.

ტერმინი *სვეტი* არის რუსული *колонка*-ს კალკირებული ფორმა, რომელიც მისი ქართული ფუნქციური შინაარსიდან გამომდინარე, ვერ ესადაგება ზემოთ აღნიშნულ ტერმინებს. უფრო მეტად გაუგებარია ტერმინი *колонка бензиновая* – ბენზინის *სვეტი* და *колонка радиатора* – რადიატორის სვეტი. ხომ შეიძლება ვიხმართ მხოლოდ ტერმინები – *ბენზინგასამართი*; *ბენზინსარიგებელი*; *ზეთსარიგებელი* ყოველგვარი „სვეტის“ გარეშე.

აღსანიშნავია ისიც, რომ კომპოზიტების ნაწილში შენარჩუნებულია ნართანიანი მაწარმოებელი, ნაწილში – არა. მაგალითად, *კომბინთმშენებელი*, *ტერმინთმშემოქმედება*, *კომპლექსთწარმოქმნა* და სხვა. მაგრამ გვაქვს: *ელმავალმშენებელი*, *ვაგონშემკეთებელი*, *ჩარხმშენებელი* და სხვა. ვფიქრობ, თ-ს ფუნქცია დაზუსტებასა და შემდგომ კვლევას მოითხოვს, რადგან არ ჩანს ერთგვაროვანი დამოკიდებულება ასეთი კომპოზიტების დაწერილობის მიმართ.

არსებულ ტექნიკურ ტერმინოლოგიურ ლექსიკონებში მრავლადაა წარმოდგენილი ტერმინები თანმხლები ე.წ. ბუდეებით. ძირითადი ტერმინის „გაშლა“ ბუდეებში არ ითვალისწინებს ამ ტერმინის ფუნქციურ მნიშვნელობას და ერთ ბუდეში მათი მოხვედრა გარკვეულ გაუგებრობას იწვევს. მაგალითად, *არხი* – წყალსარინი; სარწყავი; სატელევიზიო; საკომუნიკაციო; *ბლოკი* – აკუმულატორის; ბეტონის; მოლეკულური; ცილინდრების; *ღერძი* – სავალი თვლები; დედამიწის; დაკიდების; კოორდი-

ნატა სისტემის... **თვალი** – სავალი; საჭის; კბილე-
ბიანი; ამოსახაპი... **რეაქცია** – საყრდენის; ადამიანის;
ქიმიური... **პროფილი** – ხედი გვერდიდან; საგნის,
გზის, უბნის ვერტიკალური ჭრილი; ნაგლისის გა-
ნივი ჭრილის ფორმა; პროფესიული საქმიანობის
მიმართულება... ამდენად, საინტერესოა, როგორ გა-
დაწყდება ბუდეების საკითხი ახალ ტექნიკური
ტერმინოლოგიის ლექსიკონში.

საჭიროა ვიფიქროთ ზოგიერთი ტერმინის შეკ-
ვევის მიზანშეწონილობაზე. მაგალითად, მიმაჩნია,
რომ ტერმინი **ღმერთი** არ უნდა შევკვეცოთ. ხომ ვამ-
ბობთ ღმერთისა და ხალხის წინაშე და არა ღმრთი-
სა... ასევე: **მკვლევარი** - **მკვლევარის** და არა **მკვლევ-
რის** (**მკვლევრების**); **ღუმელი** - **ღუმელის** და არა
ღუმლის და სხვა.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ჩემი
მრავალწლიანი პედაგოგიური მოღვაწეობიდან გა-
მომდინარე, ენათმეცნიერების ინსტიტუტს ვთავა-
ზობ სამეცნიერო საბჭოზე განსახილველად რამდე-
ნიმე მოსაზრებას, რაც გასათვალისწინებელი იქნება
ტექნიკური ტერმინოლოგიის ახალ ლექსიკონზე სა-
რედაქციო მუშაობისას

1. ტექნიკური ტერმინოლოგია, რუსულ-ქართუ-
ლი ნაწილი, გვ. 165. **колесо** – **თვალი** და შემდეგ
იწყება ბუდე, რომელშიც ადამიანის თვალის გარდა
მოცემულია ყველა სახის თვალი, მათ შორის:

- к. зубчатое – კბილა თვალი, კბილანა;
- к. зубчатое винтовое – ხრახნული კბილა თვალი;
- к. зубчатое конусное – კონუსური კბილა თვალი;
- к. зубчатое премозубное – სწორკბილა კბილა

თვალი;

და აქვე: **колесо червячное** – ჭიათვალი;

ამ ბუდეში რომ ტერმინები გასამიჯნია, ზემოთ
უკვე ვთქვით. რაც შეეხება **კბილა თვალს** და **კბილა-
ნას**, როგორც გეომეტრიული სხეულები, ისინი გა-
რეგნულად ჰგვანან ერთმანეთს და ორივე გამოი-
ყენება ბრუნვის სიჩქარეების შესაცვლელად. თუმცა
განსხვავება მათ ზომებსა და კონსტრუქციულ შეს-
რულებაშია, რაც განაპირობებს მათ განსხვავებულ
ფუნქციას გადაცემაში (ამძრავში): **კბილანა** არის
მცირე ზომის, მთლიანი (შეიძლება ლილვზეც იყოს
მოჭრილი), ბრუნავს სწრაფად და გადაცემაში წამყვან
როლს ასრულებს. **კბილა თვალი** – დიდი ზომისაა
კბილანასთან შედარებით და შეიძლება იყოს მთლი-
ანი ან შედგენილი კონსტრუქციის. ასრულებს მიმ-
ყოლის როლს და ამცირებს ბრუნვის სიჩქარეს. **კბი-
ლანას** რუსულად ჰქვია шестерня (зубчатка). რაც
შეეხება **კბილა თვალს**, ანალოგიურად **ჭიათვლისა**,
მას უნდა ვუწოდოთ „**კბილათვალი**“.

2. იმ ამძრავებში (გადაცემებში), სადაც დიდი
სიმძლავრეებია გადასაცემი, „კბილათვალი“ შეიძ-
ლება ასაძრავ ნაწილზე იყოს გარსშემოცმული ე.წ.
გვირგვინის სახით, მაგალითად, ჯალამბრის დოლ-
ზე, საფეკავი წისქვილის დოლზე, მბრუნავ ღუმელ-
ზე და სხვა. ამ შემთხვევაში მას შეიძლება ვუწოდოთ
„**კბილაგვირგვინი**“ (зубчатый венец).

3. ტერმინი „**თვალი**“ (**колесо**) გავმიჯნოთ შემ-
დეგნაირად:

თვალი¹ – **კბილათვალი** (зубчатое колесо), რო-
გორც ამძრავის კბილანური გადაცემის ელემენტი;

თვალი² – **სავალი თვალი** (**ходовое колесо**), მან-
ქანების სავალი ნაწილის ელემენტი;

თვალი³ – სხვადასხვა დანიშნულების (ფრიქ-
ციული; საჭის; ამოსახაპი; ხრუტუნა და სხვ.).

4. ტექნიკურ ტერმინოლოგიაში არ არის ტერმინი „запасовка канатов“. ტექნიკურ ლიტერატურაში ზოგიერთი ავტორი მას „ბაგირების დამარაგებას“ უწოდებს, რაც აშკარად კალკირებული ფორმაა და ვერ ასახავს ბაგირების გადახვევის სქემას. მე გთავაზობთ: *запасовка канатов – ბაგირგადაბევა*.

5. შესაცვლელია: домкрат – დომკრატი (გვ. 106, იქვე). უმჯობესია: домкрат –საწევარი.

6. გთავაზობთ რამდენიმე ტერმინის გაუმჯობესებულ ვარიანტს:

იგრიხებადი – გრეხადი;

იწვებადი – წვადი;

მხუთრიანი – მხუთავი;

მრავალი ტერმინის ჩემეული ხედვა ასახულია ტექნიკური ტერმინოლოგიის ქართულ-რუსული ნაწილის გვერდებზე, რომელიც გადავეცი ტერმინოლოგიის განყოფილებას.

7. სამედიცინო ტერმინს „გულის წასვლა“ (საოჯახო მედიცინიდან) ვუწოდოთ *„გულწასვლა“*, ანალოგიურად ტერმინისა *„გულყრა“*.

დასკვნა

თუ გვინდა, რომ ტერმინი და მისი ფუნქცია იყოს გასაგები და მოსახმარისი (თუ დავესხებით ამ გამონათქვამს სულხან-საბას), მაშინ ახალი ტექნიკური ტერმინოლოგია უნდა აიგოს განმარტებითი ლექსიკონის სახით, ყოველგვარი ე.წ. ბუდეების გარეშე, რაც თავიდან აგვაცილებს სხვადასხვაგვარად გაგებული ტერმინების მოხვედრას ტექნიკურ ლიტერატურაში, სახელმძღვანელოებსა და დარგობრივ ლექსიკონებში.

ლიტერატურა

1. Technical terminology (Georgian-Russian part), Publishing House ‘Metsniereba’, Tbilisi, 1982, 568 p.
2. Technical terminology (Russian-Georgian part), Publishing House ‘Metsniereba’, Tbilisi, 1989, 521 p.

UDC 001.4

SCOPUS CODE 1203

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-20-27>

To the Issue of Editing the New Technical Terminology

Liana Sutidze

Department of Building Machines, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str. E-mail: l.sutidze@gtu.ge

Reviewers:

L. Karosanidze, Head of the Department, Scientific Terminology and Translation Dictionaries of the Institute of Linguistics named after Arn. Chikobava, TSU

E-mail: L.Karosanidze@gmail.com

M. Osadze, Researcher, Head of the Department, Scientific Terminology and Translation Dictionaries of the Institute of Linguistics named after Arn. Chikobava, TSU

E-mail: marineosadze@mail.ru

Abstract. Georgian technical terminology (Georgian-Russian and Russian-Georgian parts of it) became obsolete long ago and cannot correspond to the modern demands. This terminology needs not only to renew but change structurally.

The growing progress of modern communication and information technologies demands updating of the scientific terminology in general and of the technical terminology particularly.

It is obvious that foreign terms took their place not only in speech but in the scientific literature as well. The examples of terminology using which we meet in our everyday life, especially when reading or listening to the ads, are absolutely unacceptable. For example, the ads propose us to restore so called rulevoi – from the Russian руль (steering wheel); they also suggest the grids against grokhot – that is rpoxor in Russian (clatter) and so on; as usual, technical terms in ads are always given in Russian, sometimes in some other languages, but almost nobody uses Georgian technical terms. Unfortunately, sometimes already existed terminology also favors using untranslated terms such as: bremsbergi (bremsberg – cross entry); versori (versor- a unit length), lafeti (lafet – gun carriage) and many others. True, it is impossible to translate all of the foreign terms always and only in Georgian. Some of such terms may be included in the new technical terminology unchanged, without translation. It is especially conditioned by the fact that nowadays a huge stream of the foreign terms floods the Georgian language.

If we want the term and its function be easy to understand and use, then the new technical terminology should be arranged in the form of the explanatory dictionary without so called headwords; this will enable us to avoid diverse interpretations of the terms in the technical literature and manuals.

We suggest here some faults found in the existed terminology which are absolutely necessary to improve during editorial work.

Many terms need to refine: not იგრიხეზადი (crooking) but გრეზადი (crookable); იწვეზადი – წვადი (burning – burnable) and some others.

Synonymic terms should be used without non-Georgian corresponding words: for example, we meet in the technical terminological dictionaries such pairs as: შკაფი — კარადა (a wardrobe – in Russian and in Georgian); შოფერი — მძღოლი (a driver); შოფერი — მექანიკოსი (driver-mechanic); სკრაიბერი — საკაწრელი (scribe).

Besides that, some terms which denote the notions which we classify as visible and invisible should merge, e.g. ღერძი (axis) - Axis can be a part of a car, an eye, also axis of symmetry, of coordinates and so on; also არხი (channel) – it can be in melioration, in television and so on.

Some obsolete terms should be extracted from terminological dictionaries, such as: бензозаправочная колонка (Rus.) - ბენზინის ჩასასხმელი სვეტი // ბენზინის ჩასასხმელი; there must be ბენზინგასამართი (Petrol station).

Key words: terminology; terminological dictionaries; technical terminology; translation.

UDC 001.4

SCOPUS CODE 1203

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-20-27>

К вопросу редактирования нового словаря технической терминологии

ლიანა სუტიძე

Департамент строительных машин, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, М. Костава 68⁶
E-mail: l.sutidze@gtu.ge

Рецензенты:

Л. Каросანიдзе, руководитель отдела научной терминологии и переводческих словарей Института языкознания им. Арн. Чикобава Тбилисского государственного университета

E-mail: L.Karosanidze@gmail.com

М. Осадзе, научный сотрудник, заведующий отделом научной терминологии и переводческих словарей Института языкознания им. Арн. Чикобава Тбилисского государственного университета

E-mail: marineosadze@mail.ru

Аннотация. Грузинская техническая терминология давно уже устарела и не отвечает современным требованиям. Она требует не только возобновления, но и структурного изменения.

Ускоренный технический прогресс новейших коммуникационных и информационных технологии требует обновления всей научной терминологии и, в частности, технической терминологии.

Иностранные термины широко внедряются не только в устной речи, но и в научной литературе. Особенно грешит рекламная служба, чему способствует сама существующая техническая терминология в которой встречаются очень многие непереуведенные термины, как например: бремсберг, верп, версор, лафет, петарда, румбортон и др. Разумеется, трудно разораться и добиться перевода всех новых терминов, найти соответствующие им новые.

Если хотим, чтобы термин и его функция были понятны всем, то новую техническую терминологию нужно построить в виде толкового словаря без всяких т.н. гнезд. Это даст возможность избежать попадание по разному интерпретированных терминов в технической литературе и учебниках.

В статье предлагается перечень некоторых терминов, подлежащих уточнению и размежеванию.

Ключевые слова: иностранные термины; словарь; техническая терминология; терминология.

განხილვის თარიღი 16.09.2020

შემოსვლის თარიღი 28.09.2020

ბელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 004

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-28-39>

გეომეტრიული აღწერის წაკითხვის მეთოდის დამუშავება შედარებითი ანალიზისათვის

ნიკო ცუცქირიძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბირთვული ინჟინერიის ცენტრი, საქართველო, 0131, თბილისი, გ. ფერაძის 4
E-mail: niko.tsutskiridze@cern.ch

რეცენზენტები:

თ. კაიშაური, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

ზ. სანიკიძე, ნიკო მუსხელიშვილის სახელობის გამოთვლითი მათემატიკის ინსტიტუტის სწავლული მდივანი, ასოცირებული პროფესორი
E-mail: z_sanikidze@yahoo.com

ანოტაცია. ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში (CERN) მიმდინარე ATLAS-ის ექსპერიმენტთან ერთად ხორციელდება ფიზიკური პროცესების მოდელირება. შედეგად, რეალური ექსპერიმენტიდან (Data) და მოდელირებიდან (MC) მიიღება მონაცემები, რომლებიც ATLAS-ის დეტექტორის ზოგიერთი რეგიონისათვის არის განსხვავებული. სხვაობა შეიძლება გამოწვეული იყოს მოდელირების პაკეტებში არსებული დეტექტორის გეომეტრიული აღწერებით, შესაბამისად საჭიროა მათი გამოკვლევა. ATLAS-ის დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები შენახულია AGDD/XML-სა და

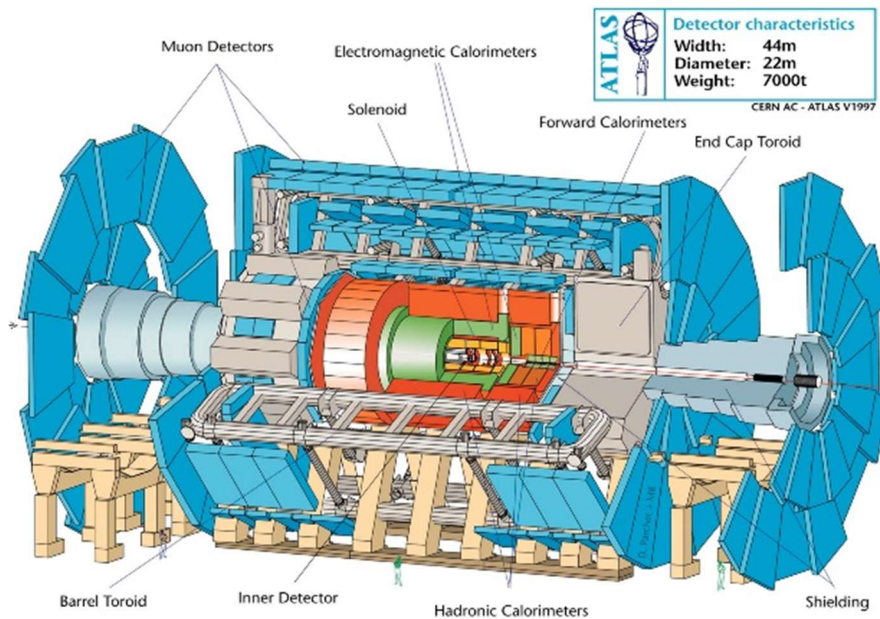
GeoModel/Oracle-ში. AGDD/XML-ში არსებული გეომეტრიული აღწერების ძირითადი ნაწილი შესწავლილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბირთვული ინჟინერიის ცენტრის მიერ და აღმოჩენილია მნიშვნელოვანი უზუსტობები. რაც შეეხება GeoModel/Oracle-ის გეომეტრიულ აღწერებს – შეუსწავლეია. ამიტომ, დამუშავდა სპეციალური მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს GeoModel/Oracle-ში არსებული გეომეტრიული აღწერების გამოკვლევა. მეთოდის აპრობაცია განხორციელდა ATLAS-ის დეტექტორის ერთ-ერთი კომპონენტის – ტუმბოს შედარებითი ანალიზის მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: ATLAS-ის სიმულაცია; გეომეტრიული აღწერები; GeoModel; დეტექტორი; CERN.

შესავალი

მაღალი ენერგიების ფიზიკის პროექტები იყენებს ამაჩქარებლის კომპლექსებს იმ ნაწილაკების ბუნების და ურთიერთქმედების შესწავლისათვის, რომლებისგანაც შედგება მატერია და ენერგია [1]. დღესდღეობით მსოფლიოში ყველაზე დიდი ამაჩქარებელია 27-კილომეტრიანი დიდი ადრონული კოლაიდერი, რომელიც არის ბირთვული კვლე-

ვების ევროპული ორგანიზაციის (CERN) პროექტი და ძირითადად განკუთვნილია პროტონების აჩქარებისა და დაჯახებისათვის[2]. ამაჩქარებელზე ნაწილაკების დაჯახება ხდება ოთხ სხვადასხვა ადგილზე. შესაბამისად, თითოეულ მათგანზე განთავსებულია ოთხი სხვადასხვა დეტექტორი - ATLAS, CMS, ALICE და LHCb. აღნიშნული დეტექტორებიდან ყველაზე დიდი და კომპლექსურია ATLAS-ის დეტექტორი, რომელიც შედგება ქვედეტექტორების რამდენიმე შრისაგან. მათი დანიშნულებაა პროტონების დაჯახების შედეგად წარმოქმნილი სხვადასხვა ელემენტარული ნაწილაკის დაფიქსირება და მათი იმპულსის გაზომვა.



სურ. 1. ATLAS-ის დეტექტორი

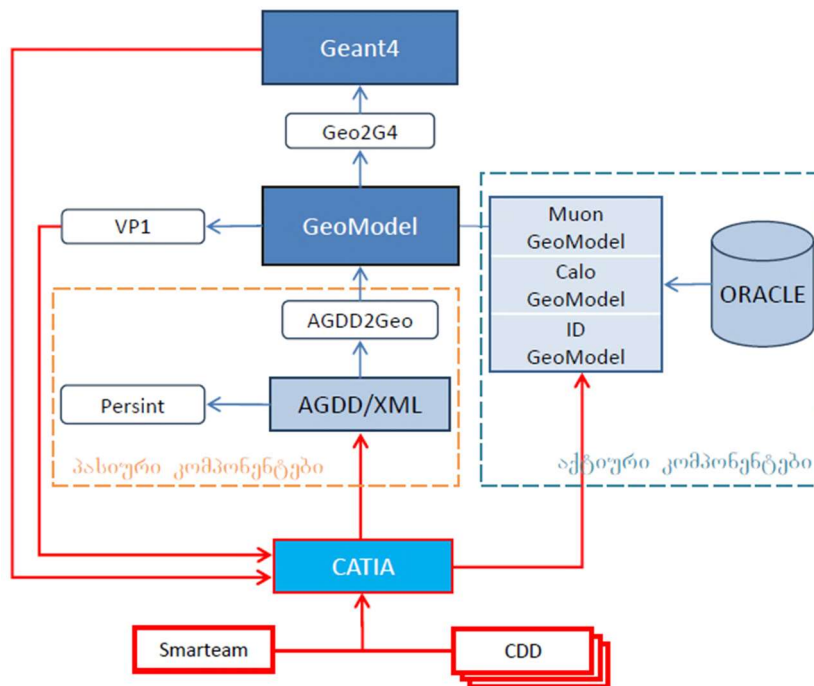
აღნიშნულ ექსპერიმენტთან ერთად ასევე ხორციელდება ფიზიკური პროცესების მოდელირება, რისთვისაც გამოიყენება მონტე-კარლოს (MC) ალგორითმები, რომლებიც Event (მოვლენა – ნაწილაკების დაჯახებისა და დეტექტორის ქვეკომპონენტ-

ებში გაბნევის პროცესი) გენერატორის საშუალებით ახდენენ მოდელირებისათვის საჭირო მონაცემების ფორმირებას [3]. აღნიშნული მონაცემები იდენტურია რეალური ექსპერიმენტიდან მიღებული Event - ებისა.

ამრიგად, ATLAS-ის ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მონაცემები მიიღება ერთი მხრივ რეალური ექსპერიმენტიდან, ხოლო მეორე მხრივ მოდელირების პროცესიდან (Data vs. MC). როგორც მიღებული მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, ATLAS-ის დეტექტორის ზოგიერთ რეგიონში ფიქსირდება Data vs. MC შორის სხვაობა. სხვაობა შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვადასხვა მიზეზით, რომელთა შორის ერთ-ერთი სიმულაციაში გამოყენებული გეომეტრიული აღწერების უზუსტობებია.

CERN-ის გეომეტრიული მოდელირების პროგრამები დაფუძნებულია სპეციალური პროგრამული რესურსის – Geant-4-ის გამოყენებაზე, რომელიც უზრუნველყოფს ფიზიკური პროცესების მოდელირებას [4]. ამისათვის Geant4-ს სჭირდება ATLAS-ის

დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები. ATLAS-ის დეტექტორი, ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით, დაყოფილია აქტიურ და პასიურ კომპონენტებად. აქტიურია ის კომპონენტები, რომლებიც უშუალოდ მონაწილეობენ ნაწილაკების დაფიქსირებაში. ყველა დანარჩენი კომპონენტი არის პასიური. აქტიური და პასიური კომპონენტების გეომეტრიული მოდელირებისათვის CERN-ი იყენებს სხვადასხვა პროგრამულ საშუალებას. იმისათვის, რომ Geant4-სათვის მიწოდებულ იქნეს გეომეტრიული აღწერების ერთიანი ფორმატი, გამოიყენება GeoModel-ი [5]. GeoModel-ი არის გეომეტრიული პრიმიტივების ბიბლიოთეკა, რომელიც იძლევა დეტექტორის გეომეტრიების აღწერის საშუალებას [6].



სურ. 2. მოდელირების პლატფორმა

დეტექტორის პასიური კომპონენტების ძირითადი ნაწილი აღწერება AGDD/XML პროგრამული ენის საშუალებით, რომელიც შექმნილია სპეციალურად ATLAS-ის ექსპერიმენტისათვის. AGDD/XML-ში აღწერილია დეტექტორის როგორც სემანტიკა, ასევე რიცხვითი პარამეტრები (როგორცაა სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე, რადიუსი და ა.შ.). აღნიშნული აღწერები AGDD2Geo კონვერტორის საშუალებით გადადის GeoModel-ში.

აქტიური კომპონენტებისა და სერვისების (პასიური კომპონენტები) გარკვეული ნაწილის სემანტიკა აღწერილია GeoModel-ში, ხოლო რიცხვითი პარამეტრები, AGDD/XML-გან განსხვავებით, ინახება ORACLE-ის მონაცემთა ბაზაში. საბოლოოდ, დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები თავს იყრის GeoModel-ში, რომელიც Geo2G4 კონვერტორის საშუალებით გადადის Geant4-ში. ზემოთ აღწერილი პროცესის მართვა ხორციელდება Athena-ს პროგრამული პაკეტის საშუალებით, რომელიც იყენებს სპეციალურ ალგორითმებს.

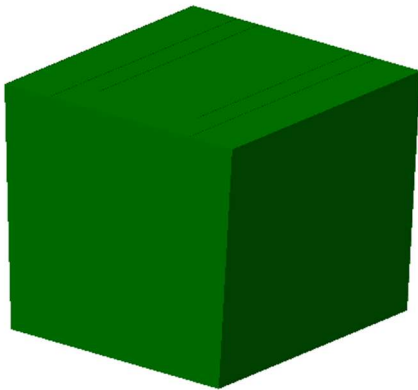
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბირთვული ინჟინერიის ცენტრის მიერ დამუშავდა მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია საინჟინრო პროგრამა CATIA-ს გამოყენებაზე [7]. მეთოდის საშუალებით განხორციელდა AGDD/XML გეომეტრიული აღწერების ექსპორტი მოდელირების პაკეტებიდან და მათი CATIA-ს საშუალებით შესწავლა. შედეგად, ძირითად შემთხვევაში, აღმოჩენილ იქნა მოდელირების პაკეტებში არსებულ და რეალურ გეომეტრიულ მოდელებს შორის სხვაობა, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს Data vs. MC სხვაობაზე.

რაც შეეხება GeoModel/Oracle გეომეტრიულ აღწერებს, მათი ანალიზი ამ დრომდე არ გაკეთებულა. შესაბამისად, GeoModel/Oracle გეომეტრიული აღწერების ანალიზის მეთოდის დამუშავება აქტუალური ამოცანაა.

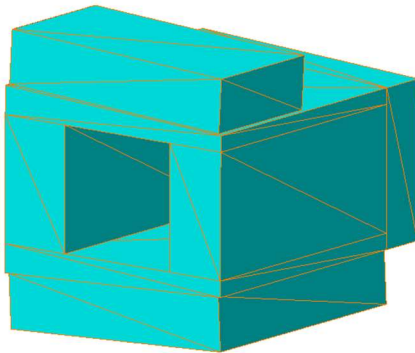
ძირითადი ნაწილი

1. გეომეტრიული ანალიზის მეთოდის დამუშავება

გეომეტრიული ანალიზი გულისხმობს მოდელირების პაკეტებში არსებული გეომეტრიული აღწერებისა და CERN-ის საინჟინრო მონაცემთა ბაზაში განთავსებული, რეალური დეტექტორის შესაბამისი, საინჟინრო მოდელის მასების ურთიერთშედარებას. როგორც ცნობილია სხეულის მასა გამოითვლება ფორმულით $m = v \cdot \rho$, სადაც m არის სხეულის მასა, v – მოცულობა, ხოლო ρ (რო) – მისი სიმკვრივე [8]. შესაბამისად, ურთიერთშედარებისათვის უნდა მოვიპოვოთ ინფორმაცია გეომეტრიული მოდელების მასალის შესახებ, გამოყენებული მასალების გათვალისწინებით ისინი უნდა დაიყოს ქვეკომპონენტებად, თითოეული ქვეკომპონენტისათვის უნდა დადგინდეს მოცულობა და აღნიშნული ინფორმაციის საშუალებით უნდა გამოვთვალოთ მასა. ATLAS-ის დეტექტორის კომპონენტების GeoModel-ში აღწერისას მას განათავსებენ ჰაერის გარსში, რაც კომპონენტს უკარგავს დეტალიზაციას და შეუძლებელს ხდის მისი მასის გამოთვლას. შესაბამისად, საჭიროა კომპონენტებისგან ჰაერის გარსის მოშორება.



სურ. 3. კომპონენტები ჰაერის გარსით

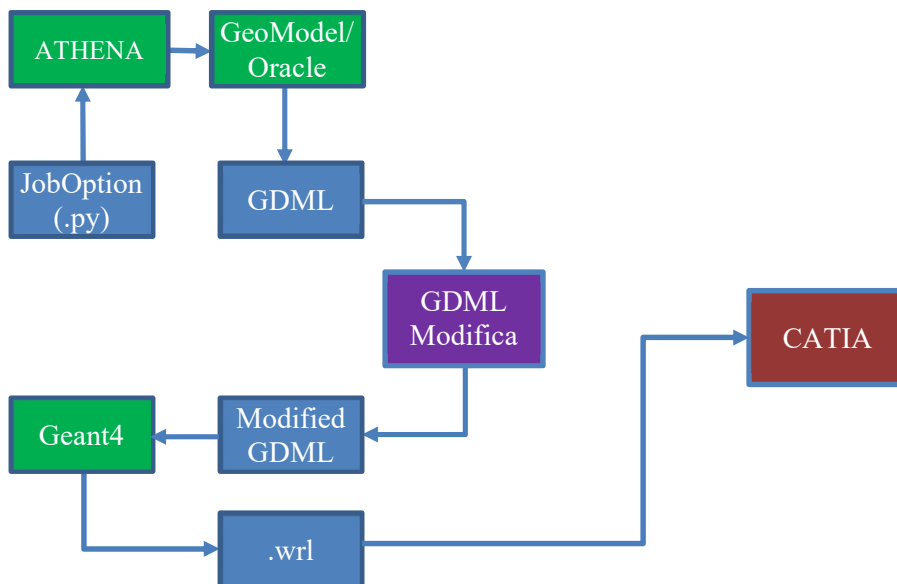


სურ. 4. კომპონენტები ჰაერის გარსის გარეშე

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე მეთოდის საშუალებით შესაძლებელი უნდა იყოს:

- I. კომპონენტის დაშლა ქვეკომპონენტებად გამოყენებული მასალების გათვალისწინებით;
- II. მოდელირების პაკეტებში არსებული გეომეტრიული აღწერების მასალების დადგენა;
- III. კომპონენტებზე ჰაერის გარსის მოშორება.

ჩამოთვლილი კრიტერიუმების გათვალისწინებით, მეთოდის დამუშავების პირველ ეტაპზე, შეიქმნა სპეციალური პითონ ფაილი (JobOption.py), რომელიც Athena-ს აწვდის ინსტრუქციებს. აღნიშნულ ფაილში მითითებულია იმ კომპონენტების სახელები, რომლის ექსპორტიც გვინდა GeoModel-დან. JobOprion.py ფაილი მიმართავს ATHENA-ს და აწვდის შესაბამის ინსტრუქციებს. ATHENA თავის მხრივ უკავშირდება GeoModel/Oracle-ს და გეომეტრიული აღწერის GDML ფაილს სახით ჩამოტვირთავს აქ აღწერილი ATLAS-ის დეტექტორის იმ კომპონენტს, რომელიც მითითებული იყო JobOprion.py ფაილში.



სურ. 5. გეომეტრიული ანალიზის მეთოდი

იმის გათვალისწინებით, რომ მეთოდი უნდა აკმაყოფილებდეს ზემოთ ჩამოთვლილ კრიტერიუმებს, განხორციელდა ჰაერის გეომეტრიების დაშლის, მასალების განსაზღვრის და ჰაერის გარსის მოშორების 3 შესაძლო ვარიანტის ტესტირება და თითოეული მათგანის დადებითი/უარყოფითი მხარეების ჩამოყალიბება:

ვარიანტი I. JobOption.py ფაილის მოდიფიცირება ისე, რომ მიეთითოს ამოსაღები კომპონენტის არა მთლიანი ანაწილობის, არამედ ქვეანაწილობების სახელები.

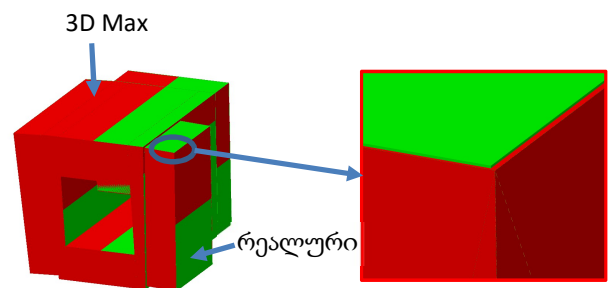
ამ გზით GeoModel-დან გეომეტრიული აღწერების ექსპორტის დადებითი მხარე არის მუშაობის სიმარტივე, რადგან საჭიროა მხოლოდ JobOption.py ფაილის მოდიფიცირება. შესაბამისად, აღნიშნული ვარიანტი მოითხოვს მცირე დროის დანახარჯს.

უარყოფითი მხარეებია:

- ექსპორტირებული კომპონენტი განთავსებულია ცენტრში (იკარგება საბოლოო პოზიციონირება) და ამასთანავე დაფარულია ჰაერის გარსით. ჰაერის გარსის მოსაშორებლად საჭიროა დამატებითი იტერაცია.
- ანაწილობის ქვეკომპონენტების სახით ექსპორტის შემთხვევაში, ხდება მხოლოდ ერთი ქვეკომპონენტის ექსპორტი, რომელიც განთავსებულია ცენტრში. მაგ. იმ შემთხვევაში, როდესაც ანაწილობაში გამოყენებულია ერთი და იგივე კომპონენტი 6-ჯერ, ხდება მხოლოდ ერთი მათგანის ექსპორტი. დანარჩენი 5 კი იკარგება.
- გამოყენებული მასალების გაგება შეუძლებელია. ამისათვის საჭიროა დამატებითი სამუშაოების ჩატარება

ვარიანტი II. 3D max-ის გამოყენება – აღნიშნული გულისხმობს მეთოდის გამოყენებით მიღებული კომპონენტის შეტანას 3D max-ში და დამუშავებას.

ამ გზით GeoModel-დან გეომეტრიული აღწერების ექსპორტის დადებითი მხარე არის მუშაობის სიმარტივე, რადგან მომხმარებელს მუშაობა უწევს საგანზომილებიან გეომეტრიულ მოდელთან და შეუძლებელია მისი მოდიფიცირება (მაგ. ჰაერის გარსის მოშორება, დაშლა და ა.შ.). შესაბამისად, მოითხოვს მე-3 ვარიანტთან შედარებით მცირე დროის დანახარჯს.



სურ. 6. 3D Max-ის გამოყენებით ობიექტების წანაცვლების მაგალითი

უარყოფითი მხარეებია:

- იწვევს ობიექტების ავტომატურ პოზიციონირებას – გადაადგილება/შემობრუნება [სურ.6].
 - მასალების გაგება შეუძლებელია. ამისათვის საჭიროა დამატებითი სამუშაოს ჩატარება.
1. ვარიანტი III. **GDML ფაილის მოდიფიცირება** – როგორც ზემოთ აღინიშნა, JobOption.py ფაილის საშუალებით წარმოებს მოდელირების პაკეტიდან გეომეტრიული აღწერების ექსპორტი GDML-ფაილის სახით. იქიდან გამომდინარე, რომ მიღებული GDML ფაილი ტექსტური ფაილია, შესაძლებელია მისი მოდიფი-

ცირება ზემოთ აღნიშნული კრიტერიუმების შესაბამისად. ამ გზით გეომეტრიული აღწერების ექსპორტის დადებითი მხარე არის:

- საიმედოობა – გამოიყენება მხოლოდ ის პროგრამული პაკეტი, რომელსაც CERN-ი იყენებს სიმულაციის ამოცანების შესასრულებლად;
- შესაძლებელია კომპონენტების დაშლა ნებისმიერ დონეზე;
- შესაძლებელია ჰაერის გარსის მოშორება;
- შესაძლებელია გამოყენებული მასალების შესახებ სრული ინფორმაციის მიღება.

უარყოფითი მხარეები:

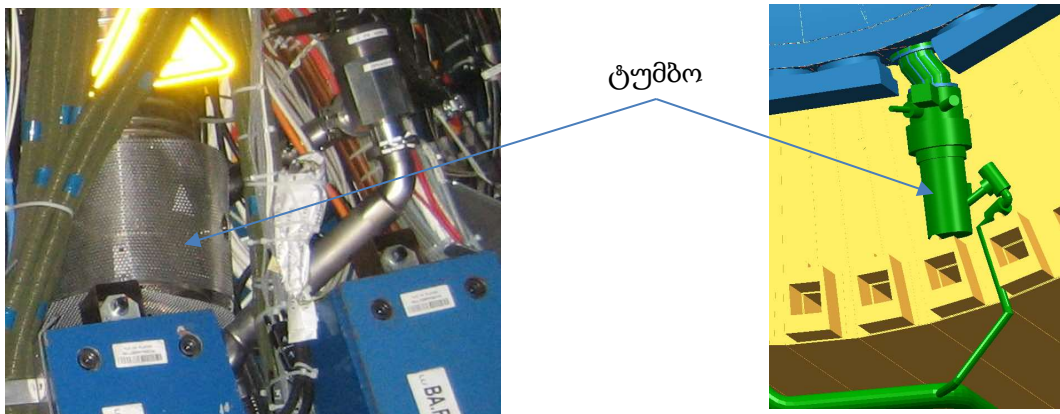
- GDML ფაილის სტრუქტურულიდან გამომდინარე, მასში გარკვევა არის რთული, რაც დაკავშირებულია დიდი დროის დანაკარგთან;
- GDML ფაილის რთული სტრუქტურიდან გამომდინარე, არის ადამიანური ცდომილების ფაქტორი.

განხილული ვარიანტებიდან, დადებითი და უარყოფითი თვისებების გათვალისწინებით, ყველაზე

ოპტიმალურად მიჩნეულ იქნა GDML ფაილის მოდიფიცირება [სურ. 5.]. შესაბამისად, მეთოდის დამუშავების შემდეგი ეტაპი გულისხმობს მიღებული GDML ფაილის მოდიფიცირებას. ამის შემდეგ, მოდიფიცირებული GDML ფაილი მიეწოდება Geant4-ს, სადაც ხდება GDML ფაილის კონვერტაცია .wrl ფაილად. საბოლოოდ, მიღებული .wrl ფაილი შეიძლება შეტანილ იქნეს CATIA-ში ანალიზისათვის.

2. მეთოდის აპრობაცია

დამუშავებული მეთოდის გამოყენებით განხორციელდა GeoModel-ში არსებული ATLAS-ის დეტექტორის ერთ-ერთი კომპონენტის – ტუმბოს (Pump) შემოწმება. ამოცანის მიზანი არის იმის დადგენა, თუ რამდენად შეესაბამება GeoModel-ში არსებული ტუმბოს გეომეტრიული აღწერა ATLAS-ის დეტექტორის შესაბამის გეომეტრიას. ამისათვის ჩატარდა მათი შედარებითი ანალიზი, რაც გულისხმობს გეომეტრიების მასათა ურთიერთშედარებას.

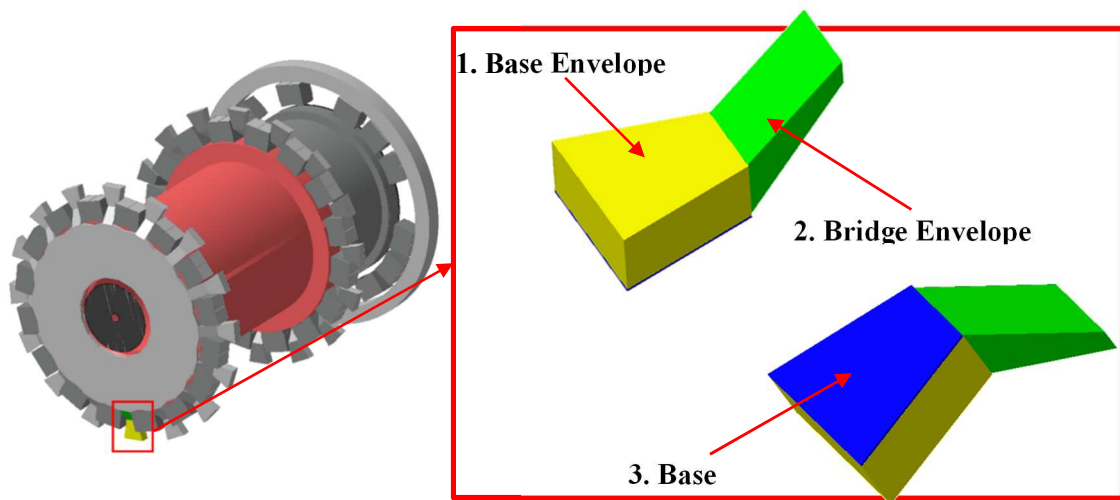


სურ. 7. ATLAS-ის დეტექტორის ტუმბო

შედარებითი ანალიზის პირველ ეტაპზე განი-
საზღვრა ATLAS-ის დეტექტორის ტუმბოს მასა. მა-
სის გამოსათვლელად დადგინდა ტუმბოს მოცუ-
ლობა და სიმკვრივე [8]. აღნიშნული ინფორმაცია
აღებულია ბირთვული ინჟინერიის ცენტრის მიერ
ერთ-ერთი პროექტის ფარგლებში ჩატარებული სა-
მუშაოებიდან. როგორც აღმოჩნდა, ტუმბოს მოცუ-
ლობა არის 0,02744 მ³ და დამზადებულია უჟანგავი

ფოლადისაგან (Stainless Steel 304), რომლის სიმკვ-
რივეა 8000 კგ/მ³. მოპოვებული ინფორმაციის სა-
ფუძველზე დადგინდა ტუმბოს მასა, რომელიც
ტოლია 219,5 კგ-ის.

შედარებითი ანალიზის მომდევნო ეტაპზე გან-
ხორციელდა, დამუშავებული მეთოდის გამოყენე-
ბით, GeoModel-დან ტუმბოს შესაბამისი გეომეტ-
რიული აღწერების ექსპორტი GDML ფაილის სახით.



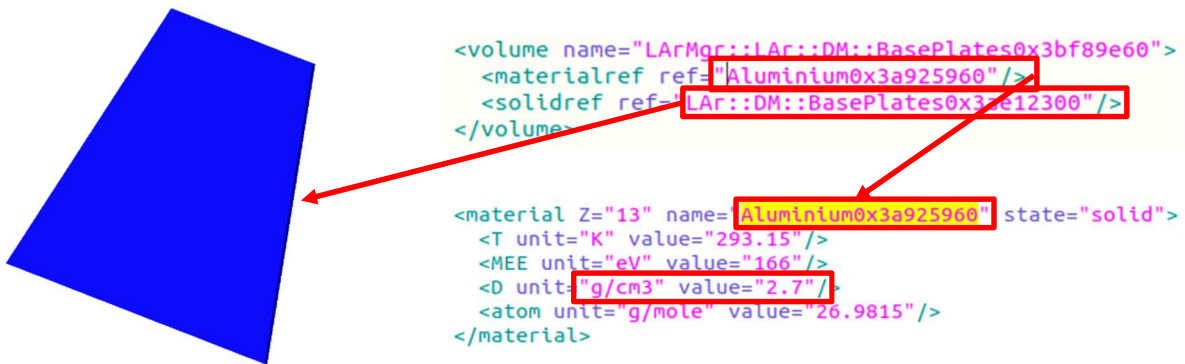
სურ. 8. GeoModel-ში არსებული ტუმბოს შესაბამისი გეომეტრიული აღწერები

იქიდან გამომდინარე, რომ ATLAS-ის დეტექ-
ტორის ტუმბო GeoModel-ში წარმოდგენილია 3 მარ-
ტივი პრიმიტივის სახით, რაც ფიზიკურად სრუ-
ლიად განსხვავებულია რეალურისგან, მოხდა
GDML ფაილის მოდიფიცირება და სამივე კომ-
პონენტის ცალ-ცალკე კონვერტაცია .wrl ფაილად
მომდევნო ეტაპზე განხორციელდა .wrl ფაილების
შეტანა CATIA-ში და მოცულობების დათვლა. ამას-
თან ერთად, კომპონენტების მასალის და სიმკვ-
რივის შესახებ ინფორმაცია მოპოვებულია GDML

ფაილიდან. მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე
კი დათვლილია თითოეული კომპონენტის მასა.

მაგალითად, მე-9 სურ-ზე მოცემული ტუმბოს
ერთ-ერთი კომპონენტის – Base Plate მასალა არის
ალუმინი, მისი სიმკვრივეა 2,7 გ/სმ³ = 2700 კგ/მ³.
როგორც CATIA-ში ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა,
მისი მოცულობაა 0.0027 მ³. შესაბამისად, Base Plate -
ის მასა არის:

$$m = v * \rho = 0.0027 \text{ მ}^3 * 2700 \text{ კგ/მ}^3 = 7.29 \text{ კგ.}$$



სურ. 9. ტუმბოს პროგრამული კოდის ფრაგმენტი (GDML)

ცხრილი

ტუმბოს კომპონენტების ანალიზის შედეგი

ATLAS-ის დეტექტორის ტუმბო (რეალური)						
სახელი	მასალა	სიმკვრივე (კგ/მ ³)	მოცულობა (მ ³)	მასა (კგ.)		
ტუმბო	უქანგავი ფოლადი	8000	0.02744	219.5	სხვაობა (კგ): 180.8	
GeoModel-ში არსებული ტუმბო						
სახელი	მასალა	სიმკვრივე (კგ/მ ³)	მოცულობა (მ ³)	მასა (კგ.)		
BaseEnvelope	LArServices8	350	0.06704	23.46		
BridgeEnvelope	LArServices8	350	0.02278	7.97		
BasePlate	ალუმინი	2700	0.0027	7.29		
			სულ:	38.7		

ზემოთ აღწერილის მსგავსად გამოთვლილია სხვა კომპონენტების მასები (იხ. ცხრილი), შედეგად, GeoModel-ში არსებული ტუმბოს გეომეტრიული აღწერების მასამ შეადგინა 38.72 კგ, რაც 180,8 კგ-ით ნაკლებია ATLAS-ის დეტექტორის შესაბამის გეომეტრიაზე.

გარდა წონის განსხვავებისა, აღმოჩნდა, რომ GeoModel-ში არსებული ტუმბოს გეომეტრიული აღწერა ფიზიკურად სრულიად განსხვავდება რეალურისაგან. GeoModel-ში არსებული ტუმბოს მოცულობა ≈ 3.3 ჯერ მეტია რეალურზე. შესაბამისად, ტუმბოს სიმულაციის პაკეტში უჭირავს უფრო დიდი ფართობი, ვიდრე სინამდვილეში.

დასკვნა

1. გეომეტრიული აღწერის წაკითხვის მეთოდის დამუშავებამ შესაძლებელი გახადა ჩატარდეს GeoModel-ში არსებული გეომეტრიული აღწერის ანალიზი.
2. ATLAS-ის დეტექტორის ტუმბოს ანალიზმა აჩვენა, რომ GeoModel-ში არსებული გეომეტრიული აღწერები არ შეესაბამება ATLAS-ის დეტექტორის შესაბამის გეომეტრიას.
3. მასის შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა 180,8 - კილოიანი სხვაობა ATLAS-ის დეტექტორის ტუმბოს გეომეტრიასა და GeoModel გეომეტრიულ აღწერებს შორის.
-

ლიტერატურა

1. I.C. Baianu. et al. (2009). Fundamentals of Physics and Nuclear Physics. pg. 8. (In English);
2. P. Lefevre, T. Pettersson. (1995). The large Hadron Collider. Conceptual Design. European Organization for Nuclear Research. CERN/AC/95-25 (LHC) (In English);
3. S. Gonzalez, J. Sanchez. ATLAS Data Challenge 2: A massive Monte Carlo production on the Grid
4. <https://geant4.web.cern.ch> – Geant4. (In English);
5. Laurent Chevalier, Andrea Dell’Acqua, Jochen Meyer. “An XML generic detector description system and geometry editor for the ATLAS detector at the LHC”. Computing in High Energy and Nuclear Physics. 2012. (In English);
6. J. Boudreau, V. Tsulaia. “THE GEOMODEL TOOLKIT FOR DETECTOR DESCRIPTION”. Prepared for Conference: C04-09-27, p.353-356, Proceedings. 2008. (In English);
7. A. Sharmazanashvili, N. Tsutskiridze. Simulation Loop between Cad Systems, GEANT-4 and GeoModel: Implementation and Results. Physics of Particles and Nuclei Letters, 2016, Vol. 13, No. 5, pp. 724–727. (In English);
8. F. Degerlund. Trust Mass, Volume and Density - a Novel Approach to Reasoning about Trust. Electronic Notes in Theoretical Computer Science 179 (2007) 87–96. (In English).

UDC 004

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-28-39>

Development of a Method for Reading Geometric Description for comparative Analysis

Niko Tsutskiridze

Nuclear Engineering Centre of Georgian Technical University, Georgia, 0131, Tbilisi, 4
G. Pheradze str.

E-mail: niko.tsutskiridze@cern.ch

Reviewers:

T. Kaishauri, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

Z.Sanikidze, Associate Professor, Scientific secretary of Computational Mathematics Institute names after Niko Muskhelishvili

E-mail: z_sanikidze@yahoo.com

Abstract. Simulation of physical processes is ongoing together with ATLAS Experiment at European Organization for Nuclear research (CERN). As a result, data are obtained from real experiment (data) and simulation (MC), which is different for some areas of the ATLAS detector. The reason of differences could be geometrical description existed in simulation software packages, therefore their investigation is required. Geometric descriptions of the ATLAS detector are stored in AGDD / XML and GeoModel / Oracle. The main part of the geometric descriptions of AGDD / XML has been studied by the Nuclear Engineering Center of the Georgian Technical University and significant inaccuracies have been identified. GeoModel / Oracle geometric descriptions are not investigated so far. Therefore, a special method has been developed in order to investigate geometric descriptions existed in GeoModel / Oracle. The method has been tested using comparative analyses of pump which is part of ATLAS detector.

Key words: ATLAS detector Simulation; ERN; detector; GeoModel; geometric descriptions.

UDC 004

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-28-39>

Разработка метода геометрического анализа активных компонентов детектора ATLAS

Нико Цуцкеридзе Центр ядерной инженерии Грузинского технического университета, Грузия, 0131,
Тбилиси, Г. Ферадзе 4
E-mail: niko.tsutskiridze@cern.ch

Рецензенты:

Т. Кайшаури, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

З. Саникидзе, ассоциированный профессор, ученый секретарь Института вычислительной математики имени Нико Мухелишвили

E-mail: z_sanikidze@yahoo.com

Аннотация. В Европейской организации ядерных исследований (CERN) совместно с текущим экспериментом ATLAS осуществляется моделирование физических процессов. В результате, из реального эксперимента (Data) и из эксперимента моделированного (MC) получаются данные, которые не совпадают в некоторых областях детектора ATLAS. Разница может быть связана с геометрическими параметрами детекторов, которые содержатся в пакетах моделирования, поэтому необходимо исследовать их. По функциональному назначению ATLAS детектор подразделяется на активные и пассивные компоненты. Основные части пассивных компонентов в пакетах моделирования уже были изучены центром ядерной инженерии Грузинского технического университета и были обнаружены значительные неточности. Что касается активных компонентов, то они до сих пор не исследованы. Для изучения активных компонентов был разработан специальный метод, при помощи которого проводился сравнительный анализ одного из активных компонентов детектора ATLAS - насоса. В результате обнаружилось значительные неточности.

Ключевые слова: Активные компоненты; Геометрические описания; Детектор; Моделирование; симуляция детектора ATLAS; CERN; GeoModel.

განხილვის თარიღი 19.10.2020

შემოსვლის თარიღი 13.11.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-40-54>

ონლაინ სახელმძღვანელოების დაპროექტების კონცეფცია

- გელა ღვინეფაძე** 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

ვ. კეკენაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: gkekenadze@gtu.ge

ანოტაცია. ბოლო წლების განმავლობაში ადამიანის მოღვაწეობის არც ერთი დარგი არ წასულა წინ ისეთი სწრაფი ტემპებით, როგორც ეს მოხდა კომპიუტერული ტექნოლოგიების სფეროში, აქ კი ყველაზე შთამბეჭდავი წარმატებები მიღწეულ იქნა ინტერნეტისა და, შესაბამისად, ვებტექნოლოგიების შექმნა-სრულყოფის მიმართულებით.

სტატიაში განიხილება ზოგიერთი სიახლე ონლაინ სახელმძღვანელოს დაპროექტებაში როგორც ზოგადად, ისე ქართულ საგანმანათლებლო სივრცესთან მიმართებით. კერძოდ, ჩვენი ინტერესებიდან გამომდინარე, ასეთი სახელმძღვანელოს დამპროექტებლისათვის შემოთავაზებულია, გადმოსაცემი მასალა ერთდროულად გამოტანილი იქნეს რამდე-

ნიმე, მინიმუმ ორ ენაზე. კონკრეტულად კი სტატიაში ასეთი სახელმძღვანელოს ფორმირების საკითხები განიხილება ვებტექნოლოგიების, კერძოდ, Javascript ენის სწავლების კუთხით, კერძოდ, თუ როგორი წესით, სახით უნდა მოხდეს შესასწავლი მასალის შემცველი ფაილების სახელდება და სტრუქტურირება. შემოთავაზებული მიდგომა საშუალებას იძლევა, ფაილებსა და/ან მათ სტრუქტურაში მომავალში ცვლილებების შეტანისას არ დაირღვეს მანამდე ფიქსირებულ მასალათა თანამიმდევრობა. დანართში დემონსტრირებულია ონლაინ სახელმძღვანელოში შეტანილი მასალის სტუდენტის მიერ ათვისების დონის შემოწმებისათვის განკუთვნილი პროგრამის ფორმირების პრინციპების შესაბამისი კოდი, რომელიც დაწერილია ასევე Javascript ენაზე

და მისი გაცნობა და მოდიფიცირება თავის მხრივაც წარმოადგენს ამ მიმართულებით შესასწავლი მასალის ნიმუშს.

საკვანძო სიტყვები: ონლაინ სახელმძღვანელო; ცოდნის შემოწმების სისტემები; Javascript ენა.

შესავალი

კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარების სფეროში მიღწეული შთამბეჭდავი წარმატებების დასტურად მოვიყვანოთ შემდეგი ორი მაგალითი, მათგან ერთ-ერთი ჩვენი უნივერსიტეტის ცხოვრებიდანაა:

25 წლის წინ სტუ-ში ინტერნეტის ქსელში ჩართული იყო მხოლოდ ორი კომპიუტერი და რაიმე შეტყობინების გაგზავნა ე. წ. მსოფლიო საინფორმაციო დაფაზე (ელექტრონული ფოსტა მაშინ არც არსებობდა), არაერთ სირთულესთან იყო დაკავშირებული;

და მეორეც, ეს დარგი ისე სწრაფად განვითარდა, რომ დღეს უკვე „მეტალში“ რეალიზებული არის კვანტური კომპიუტერის კონცეფცია. მისი მეშვეობით კი მოხერხდა სულ რაღაც 200 წამის განმავლობაში გადაწყვეტილიყო ის სატესტო ამოცანა, რომლის ამოხსნასაც სპეციალისტთა წინასწარი გათვლებით, აქამდე არსებულ ყველაზე თანამედროვე კომპიუტერი 10 ათას წელს მოანდომებდა.

ბუნებრივია, რომ აღნიშნული სფეროსათვის დღეს ასე დამახასიათებელი განვითარების გასაოცარი დინამიკურობა ადეკვატურ რეაგირებას მოითხოვს შემოტანილი სიახლეების სწავლების პროცესისგან და კერძოდ, თუ ისეთი ფუნდამენტური

საგნებისათვის, როგორცაა მათემატიკა, ფიზიკა და სხვ., შექმნილი სახელმძღვანელოები წლების განმავლობაში ნაკლებად საჭიროებდა და საჭიროებს ძირეული ცვლილებების შეტანას, ამას ნამდვილად ვერ ვიტყვით ინფორმატიკის დარგთან მიმართებით – აღნიშნული სპეციალობების, პირველ რიგში ვებტექნოლოგიების სახელმძღვანელოებისათვის, ფაქტობრივად, ყოველი სასწავლო წლის დასაწყისისათვის აუცილებელი ხდება მათი მნიშვნელოვანი ცვლილებების განახლება.

და საერთოდ, დგება საკითხი, გაკეთდეს ტექნოლოგიური პროგრამები (არსებობს ასეთი საგანი „ტექნოლოგიური პროგრამირება“), თუ როგორ ფორმებს მიიღებს მომავალში სწავლების პროცესი.

ამ საკითხთან დაკავშირებით განსაკუთრებით საინტერესო და საყურადღებო მოსაზრებებს გამოთქვამს მსოფლიოში აღიარებული სპეციალისტი მიჩიო კაკუ [1].

ის თვლის, რომ არცთუ ისე შორეულ მომავალში სწავლა-სწავლების და ცოდნის კონტოლის პროცესები ძირითადად დაეფუძნება ინტერნეტტექნოლოგიებს. ეს პროცესები უკვე დაწყებულია და ისინი ფრიად სწრაფი ტემპებით მიიწევენ წინ. გარდა აღნიშნულისა, სპეციალურად შექმნილი პროგრამები ადამიანს დაეხმარება, გაერკვეს, თუ როგორ უნდა დაიგეგმოს მისი შემდგომი გზები ახალი ცოდნის მისაღებად, იგი შეძლებს ფაქტობრივად ნებისმიერ სიტუაციაში მიიღოს დახმარება. კონსულტაციების მიღებისათვის განკუთვნილი „ჭკვიანი კედლები“, ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული „მოკარნახები“ გაჩნდება ყველგან: ბინებსა თუ ოფისებში და ქუჩებშიც.

მართალია, მიჩიო კაკუ ამტკიცებს, რომ განათლების სფეროში წამყვან პოზიციებს ონლაინ მიმართულება დაიკავებს, მაგრამ ის იქვე ამბობს, რომ უნივერსიტეტებს არავინ გააუქმებს, თუმცა ისინი გადაიქცევიან ვირტუალური ტიპის სასწავლო ორგანიზაციებად.

მეცნიერი ვარუდობს, რომ დიპლომების გაცემა საჭირო აღარ იქნება, ცოდნის მიღების პროცესი არ შეიზღუდება დროის და სივრცის ფარგლებით. კვალიფიკაციის შესახებ მოწმობის მიღების მსურველები კი გამოცდებს ჩააბარებენ სერტიფიცირების სპეციალიზებულ ცენტრებში.

ძირითადი ნაწილი

წინამდებარე ნაშრომი მიზნად ისახავს ვებტექნოლოგიების, კერძოდ, Javascript ენის სწავლებისათვის ქართულ ენაზე ონლაინ სახელმძღვანელოს შექმნას და არის მცდელობა, მოხდეს სწავლების აქამდე მიღებული სამი ფორმის სიმბიოზი ანუ მოხდეს ლექციების, პრაქტიკული და ლაბორატორიული მეცადინეობების შერწყმა. თუმცა ცხადია, რომ სადღეისოდ ონლაინ სახელმძღვანელო სწავლების ამ სამივე ფორმის სრულად და სრულყოფილად შემცვლელი ვერ იქნება.

ჩვენ სასურველად ვთვლით, რომ სტუდენტი ყოველი სალექციო მეცადინეობის წინ გაეცნოს შესაბამის ნაკვეთს და მისთვის გაურკვეველი საკითხები პედაგოგთან და ჯგუფთან ერთად განიხილოს.

მიგვაჩნია, რომ სწავლების პრობლემისადმი ასეთი მიდგომა საგრძნობლად შეამცირებს სალექციო მეცადინეობებისათვის გამოყოფილი საათების რაოდენობას და შესაძლებელი გახდება გამოთავი-

სუფლებული დრო დაეთმოს პრაქტიკუმებზე კონკრეტული პროგრამების დამუშავებას.

დაბოლოს, შესაძლებელია და სასურველიცაა, თითოეული ნაკვეთის გაცნობის შემდეგ სტუდენტის (მომხმარებლის) გამოკითხვა, თუ რამდენად კარგად აითვისა მან ამ ნაკვეთში გადმოცემული მასალა.

დანართში მოცემულია რამდენიმე სცენარის ნიმუში აღნიშნული ონლაინ სახელმძღვანელოდან. ერთ-ერთია ცოდნის გამოკითხვის მარეალიზებელი ფაილის კოდი. ამასთანავე თითოეულ ასეთ სცენართან მუშაობა გულისხმობს: სტუდენტი გაეცნოს უკვე რეალიზებული ამოცანის მიზანს, შემდეგ თვითონვე დაწეროს მონიტორზე ასახული შედეგის შესაბამისი კოდი, ხოლო მის მიერ შესრულებული დავალების ანუ ფაილის გაშვების შემდეგ ერთმანეთს შეადაროს მის მიერ დაწერილი და ნიმუშის კოდები.

ონლაინ სახელმძღვანელოსათვის დაკისრებული ზოგიერთი სხვა ფუნქციის შესახებ ვისაუბრებთ ქვემოთ.

ვებტექნოლოგიების და ამ მიმართულებით საგნების სწავლების შესახებ

კომპიუტერული დარგისათვის უკვე ნახევარ საუკუნეზე მეტია, შეუცვლელი ბაზისი არის ორობითი სისტემის გამოყენებაზე დაფუძნებული კომპიუტერული ტექნიკა და პროგრამული პროდუქტები, უშუალოდ ვებტექნოლოგიებისათვის კი ფუნდამენტი გახლავთ HTML და Javascript ენები. სწორედ მათ ბაზაზე იქმნება კლიენტის (კლიენტი-კომპიუტერის) მხარეზე ფუნქციონირებადი ე. წ. front-end პროგრამები.

სავარაუდოდ, ამ მიმართულებით სიტუაციის შეცვლის მოლოდინი (ყოველ შემთხვევაში კარდი-

ნალურად) სულ ცოტა მომავალი 8–10 წლის განმავლობაში არ უნდა გვეკონდეს, განსხვავებით იმ სიტუაციისაგან, რომელიც არსებობს სერვერის მხარეზე მოქმედი პროგრამებისთვის – მათ შესაქმნელად დღესაც რამდენიმე კონკურენტული პროგრამული ენა გამოიყენება და სავარაუდოდ, ახლო მომავალში ასეთი ენების რიცხვი კიდევ უფრო გაიზრდება.

ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს, რომ HTML და Javascript ენებიც არ გვევლინება ერთხელ და სამუდამოდ ჩამოყალიბებული პროგრამული პროდუქტების როლში – სპეციალისტების მიერ წლების განმავლობაში ხდებოდა და ხდება ამ ენების სრულყოფა მათი შემდგომი ვერსიების გამოშვების გზით. კერძოდ, ეს ორივე ენა მდიდრდებოდა არაერთი ახალი საშუალებით, მაგალითად, იმ სიახლეების ჩართვით, რომლებიც ეფუძნებოდა მოცემული მომენტისათვის დაპროგრამების პროცესის სრულყოფის მიზნით შემუშავებულ ყველაზე თანამედროვე პარადიგმებს. შედეგად იქმნებოდა აღნიშნულ ენებთან მიზმი და/ან მათ ბაზაზე შექმნილი დამატებითი პროგრამული პროდუქტები, კერძოდ, HTML-ისთვის CSS (Cascading Style Sheets-ენების ვერსიების, ხოლო Javascript-ისთვის JQuery, Ajax, AngularJS, Angular, ReactJS და სხვ. ბიბლიოთეკების სერიის სახით).

ბუნებრივია, რომ ვებტექნოლოგიების სფეროს ასეთი თავბრუდამხვევი ტემპებით განვითარება (ამასთანავე, ჩვენ მოკლედ აღვწერეთ მხოლოდ Front-end მხარეზე არსებული ვითარება) მოითხოვს სწრაფ რეაგირებას სწავლების პროცესის მხრიდანაც.

აქვე აღვნიშნავთ, რომ დღეს ინტენსიურად ხდება ამ მიმართულებით სიახლეების შემოტანა (რომ-

ლებიდანაც ზოგი მკვიდრდება, ზოგი ნაკლებად ან სრულებითაც ვერ ამართლებს).

აუცილებლად ვთვლით სწავლების პროცესისათვის განკუთვნილი ახალი ფორმებიდან, უპირველეს ყოვლისა, ამოვიჩიოთ ის, რომელიც უკვე კარგად არის საზღვარგარეთ აპრობირებული და მეტიც, ამ საშუალებებით სარგებლობის გარკვეული გამოცდილება ჩვენშიც არსებობს. პირველ ყოვლისა, მხედველობაში გვაქვს ვებტექნოლოგიების ონლაინ ფორმით სწავლებისათვის განკუთვნილი, სადღეისოდ მსოფლიოში ძალიან პოპულარული საიტი:

<https://www.w3schools.com/>

მისი სახით, ფაქტობრივად, არსებობს გარანტია, რომ გარკვეული მოდიფიკაციების შემდეგ ამ მიდგომით სარგებლობა ჩვენთანაც გაამართლებს, ხოლო აღნიშნული მოდიფიკაციების საჭიროებას, ჩვენი შეხედულებით, განაპირობებს შემდეგი ფაქტორები:

1. ბუნებრივია, რომ w3schools.com საიტი ინგლისურენოვანია. მართალია, არსებობს მისი კონტენტის სხვა ენებზე, მათ შორის ქართულადაც ავტომატურად გადათარგმნის შესაძლებლობა, მაგრამ:

ა. ჯერ ერთი, დღეისათვის ეს ავტომატური თარგმანი არასრულყოფილია და ხშირად მცდარიც;

ბ. და უფრო მთავარი ისაა, რომ აუცილებლად ვთვლით, რომ ქართველი ახალგაზრდა ნებისმიერ სპეციალობას საკუთარ ენაზე ეუფლებოდეს.

გ. მაგრამ, რადგანაც დღეს ინგლისური ენის ცოდნა აუცილებელია ფაქტობრივად, ნებისმიერი სპეციალობის ადამიანისათვის (და მრავალი ჩვენგანი საკმაოდ დროს უთმობს მის შესწავლას), უპირაზია ამა თუ იმ საგნის ონლაინ ფორმით სწავლებას პარალელურად დავაკისროთ **დამატებითი მნიშვნე-**

ლოვანი ფუნქციაც, კერძოდ, ფრიად სასურველად ვთვლით სწავლებას (მოცემულ შემთხვევაში ვებტექნოლოგიების მიმართულების საგნების) მივცეთ ბილინგვური სახე ტექსტური მასალა, იქნება ის, თეორიული, საცნობარო თუ კომენტარების სახის, მონიტორზე ერთდროულად აისახოს როგორც ქართულ, ისე ინგლისურ ენაზე, ამასთანავე, აღნიშნული სერვისით სარგებლობისას მომხმარებელს მიეცეს მისთვის სასურველი ფორმის არჩევის შესაძლებლობაც (ხდებოდეს ეს მუდმივად თუ მოცემულ მომენტში მისი სურვილის შესაბამისად).

დ. გარდა წინა ქვეპუნქტში აღწერილი შეთავაზებისა, შესაძლებელად ვთვლით, ამ მიმართულებით არჩევანი უფრო ფართოც იყოს, ინფორმაცია დამატებით გამოდიოდეს კიდევ ერთ ან მეტ ენაზე. საქმე ისაა, რომ დღეს მთელს მსოფლიოში, ფაქტობრივად, ნებისმიერი დარგის სპეციალისტის კვალიფიკაციის დონის შეფასებისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კრიტერიუმი არის პოლიგლოტობაც.

2. ვთვლით, რომ ვებტექნოლოგიების სწავლებისათვის განკუთვნილი საიტის – <https://www.w3schools.com/> შესაძლებლობები ქართულ ენაზე ონლაინ სახელმძღვანელოს დამპროექტებელმა პედაგოგმა თვითონ უნდა მოირგოს. ჯერ ერთი, აღნიშნული საიტის გარდა, ინტერნეტში უამრავი მასალაა განთავსებული ვებტექნოლოგიების შესახებ. გარდა ამისა, პედაგოგი, როგორც წესი, თვითონაც ხელმძღვანელობს ამ მიმართულებით მიმდინარე სხვადასხვა სამუშაოს (ან მონაწილეობს

მასში) და ბუნებრივია, დაკმაყოფილდეს მისი სურვილი – შესაძლებლობა მიეცეს გარკვეული დოზით ეს მასალებიც ასახოს სახელმძღვანელოში.

3. ხაზგასასმელია კიდევ ერთი სპეციფიკური მომენტი – ვებტექნოლოგიების საგნის (საგნების) ლექტორს ძალიან ხშირად, თითქმის ყოველ სემესტრში მოუწევს სახელმძღვანელოში არაერთი ცვლილების შეტანა, მეტიც, შესაძლებელია (და სასურველიცაა!) ეს ხდებოდეს ყოველ მეცადინეობაზე, იქნება იგი სალექციო, პრაქტიკული თუ ლაბორატორიული სახის. მართლაც, ხშირია შემთხვევა, როდესაც სტუდენტს ებადება კონკრეტული შეკითხვა: „რა შედეგს მივიღებთ, თუ მოცემულ ამოცანაში შევიტანთ ამა თუ იმ სახის ცვლილებას?“ სახელმძღვანელო საშუალებას უნდა გვაძლევდეს, ასეთი მოდიფიკაცია არა მხოლოდ მარტივად განხორციელდეს, არამედ საჭიროების შემთხვევაში დავიმახსოვროთ კორექტირებული ფაილის სახითაც. მაგრამ ვთვლით, რომ ეს ცვლილებები იმგვარად უნდა განხორციელდეს, რომ არ დაირღვეს ამოცანების საჭირო თანამიმდევრობა და ამის გამო მის აღსადგენად არ დაგვჭირდეს ფაილებისთვის სახელების გადარქმევა. ამ მიზნის მისაღწევად ონლაინ სახელმძღვანელოს დამპროექტებლისათვის ვიძლევით შემდეგ რეკომენდაციებს:

ა. პირველ რიგში, ფაილების სახელებისას უნდა გამოვიყენოთ იერარქიული სტრუქტურა, მაგალითად, ამგვარი სახის (მოგვყავს ფრაგმენტი ონლაინ სახელმძღვანელოდან):

- JS_01
- JS_02
- JS_03
- JS_03_1
- JS_04
- JS_05
- JS_05_1
- JS_06
- JS_07
- JS_08
- JS_08_1

ბ. ფაილების სიის ზემოთ მოყვანილ ფრაგმენტში, როდესაც საჭიროდ ჩავთვლით ამა თუ იმ ფაილის მოდიფიცირებას ჩვენი (ან სტუდენტის) რაიმე მოსაზრების შესამოწმებლად, ვახდენთ ამ ფაილის კოპირებას. ოპერაციული სისტემა კოპირებით მიღებულ ფაილს, მაგალითად, JS_03-ს, ავტომატურად არქმევს ახალ - JS_03 - Copy სახელს. ფაილში საჭირო ცვლილებების შეტანის შემდეგ, იერარქიაში მისთვის შესაბამისი ადგილის დასაკავებლად, მას უნდა შევუცვალოთ სახელი, მოცემულ შემთხვევაში დავარქვათ JS_03_02. ყველა ამ მანიპულაციის შედეგად ზედა ფრაგმენტი უკვე ასეთი სახით წარმოგვიდგება:

- JS_01
- JS_02
- JS_03
- JS_03_1
- JS_03_2
- JS_04
- JS_05
- JS_05_1
- JS_06
- JS_07
- JS_08
- JS_08_1

გ. საერთოდ, უმჯობესია, ფაილს უფრო გააზრებული სახელი დაერქვას. მაგრამ მათი ჩამონათვალისათვის შემოთავაზებული იერარქიული სტრუქტურა რომ არ დაირღვეს, ფაილისათვის სახელის დარქმევისას შეიძლება გამოვიყენოთ კომბინირებული მიდგომა – შინაარსობრივ სახელს წინ უძღოდეს ზემოთ გამოყენებული პრეფიქსები. მოვიყვანოთ ამის მაგალითი:

- JS_26_მასივები
- JS_26_01
- JS_26_02
- JS_26_03
- JS_26_03_1
- JS_26_04
- JS_26_05
- JS_26_06
- JS_26_07
- JS_26_08
- JS_26_09
- JS_26_10
- JS_26_11

მივაქციოთ ყურადღება:

- ვიზუალური მხარის გადატვირთვა რომ არ მოხდეს, შინაარსობრივი სახელი ფიგურირებს მხოლოდ ამა თუ იმ ნაკვეთის თავში (თუმცა, ცხადია. პედაგოგს შეუძლია სხვაგვარი არჩევანიც გააკეთოს);
- ფაილების სიისათვის იერარქიული სტრუქტურის შესანარჩუნებლად ტერმინ „მასივების“ წინ ფიგურირებს არა ერთი, არამედ ორი ქვედა ტირეს სიმბოლო;
- JS_26_03_1-ის მაგალითზე ვხედავთ, რომ მოდიფიცირებულ ფაილს შესაძლებელია თავის

მხრივაც გაუჩნდეს „შვილობილები“ ქვევარიანტუ-
ლი ფაილების სახით;

- რადგანაც გამორიცხული არ არის, რომ ვარიან-
ტული ფაილების რაოდენობამ მომავალში 10-ს
გადააჭარბოს, მეორე დონეზე განთავსებული ფაი-
ლების პოზიციის დასაფიქსირებლად ერთის ნაცვ-
ლად გამოყოფილი არის 2 თანრიგი. ასეთი გა-
დაწყვეტა, რომელიც ქვევარიანტების რაოდენობას
99-მდე ზღუდავს (ასეთ შემთხვევაში სიაში ფაი-
ლების თანამიმდევრობა არ დაირღვევა), ვთვლით,
სავსებით მისაღებია.

დასკვნა

სტატიაში განიხილება ონლაინ სახელმძღვანე-
ლოს ფორმირების კონცეფცია, როგორც საზოგა-
დოდ, ისე ქართულ საგანმანათლებლო სივრცესთან
მიმართებით, რომლის ინტერესებიდან გამომდი-
ნარე, ასეთი სახელმძღვანელოს დამპროექტებლე-

ბისათვის შემოთავაზებულია მასალის ერთდროუ-
ლად რამდენიმე ენაზე (მინიმუმ ორზე) გამოტანის
შესაძლებლობა. კონკრეტულად კი სტატიაში საუ-
ბარია ასეთი სახელმძღვანელოს ფორმირების სა-
კითხებზე ვებტექნოლოგიების, კერძოდ, Javascript
ენის სწავლების კუთხით. განიხილება საკითხები,
თუ როგორი წესით, სახით უნდა მოხდეს სასწავლო
მასალის შემცველი ფაილების სახელდება და
სტრუქტურირება, რათა მომავალში ფაილებსა თუ
მათ სტრუქტურაში შესატანი ცვლილებების დროს
არ დაირღვეს მანამდე შეტანილი შესასწავლი მასა-
ლების თანამიმდევრობა. დანართში ერთი მარტივი
სცენარის მაგალითი მოყვანილია ონლაინ სახელმ-
ძღვანელოდან და სტუდენტის ცოდნის დონის შესა-
მოწმებლად განკუთვნილი პროგრამის კოდი, რომე-
ლიც დაწერილია ასევე Javascript ენაზე და მასთან
გაცნობა და მოდიფიცირება თავის მხრივაც არის ამ
ენის შესასწავლი მასალის ნიმუში.

დანართი:

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
  <center>
    <h2>დაუკვირდით თუ რა განსხვავებაა კოდში წინა ფაილთან შედარებით!</h2>
    <h2 id="demo">write მეთოდით სარგებლობისას გასათვალისწინებელია ერთი ძალიან მნიშვნელოვანი
მომენტი:</h2>
    <h2>თუ ამ მეთოდს გამოვიყენებთ დოკუმენტის ჩატვირთვის შემდეგ, მონიტორზე მანამდე
გამოტანილი მთელი ინფორმაცია <i>წ ა ი შ ლ ე ბ ა !!!</i></h2>
  </center>
  <script>
    document.write('<h2 align="center">ქვემოთ ღილაკზე დაწკაპუნების შემდეგ დოკუმენტის ბოლომდე
ჩატვირთვამდე write-ით გამოტანილი ეს შეტყობინებაც წ ა ი შ ლ ე ბ ა!</h2>');
  </script>
  <center><button type="button" onclick="document.write('<h2><center> ვხედავთ, რომ მონიტორზე
სხვადასხვა გზით მანამდე გამოტანილი მთელი ინფორმაცია წ ა ი შ ა ლ ა
!</center></h2>')"><h2>დააწკაპუნეთ აქ!</h2></button> </center>
</body>
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>გამოკითხვა</title>
  <style>
    body
    {
      background-color:aliceblue;
    }
  </style>
</head>

```

```

<body>
<h2 align=center id="ans">აქ უნდა აისახოს შეკითხვების რიცხვი</h2>

<!-- begin - ამ უბანზე გამოტანილი უნდა იქნეს კითხვა-პასუხები -->
  <br/><br/>
  <h2 id="Sek" align="center">აქ გამოდის შეკითხვები</h2>
  <br/><br/>
  <h3 id="pasuxi1">აქ და ქვემოთ აისახება ტყუილ-მართალი პასუხები</h3>
  <h3 id="pasuxi2"></h3>
  <h3 id="pasuxi3"></h3>
  <h3 id="pasuxi4"></h3>
<!-- end - ამ უბანზე გამოტანილი უნდა იქნეს კითხვა-პასუხები -->
<br/><br/>

<!-- begin - ამ უბანზე აირჩევა პასუხი -->
<center>
<input type="button" style="width: 123px; height: 26px" value=1 onclick="m(1);">
<input type="button" style="width: 123px; height: 26px" value=2 onclick="m(2);">
<input type="button" style="width: 123px; height: 26px" value=3 onclick="m(3);">
<input type="button" style="width: 123px; height: 26px" value=4 onclick="m(4);">
</center>
<br/><br/><br/><br/><br/>
<!-- end - ამ უბანზე აირჩევა პასუხი -->

<script>
var i = 1; // ცვლადი მასივის ელემენტის ასარჩევად
var n = 4; // მასივის, მისი სიგრძის აღმნიშვნელი ცვლადი
var q = 0; // სწორი პასუხების რიცხვი
document.all.item("ans").innerHTML = "შეკითხვა №" + i + " (" + n + " -დან)";

// begin_1 - კითხვა, მასზე სწორი და მცდარი პასუხები, სწორის ნომერი

function Card(shek,p1,p2,p3,p4,sworip)

```

```

{
  this.shek=shek;
  this.p1=p1;
  this.p2=p2;
  this.p3=p3;
  this.p4=p4;
  this.sworip=sworip;
}
  ques=new Array();

  ques[1]=new Card(" * განმარტეთ რა არის CSS",
  „სტილების კასკადური ცხრილები“,
  „სტილების კომპლექსური ცხრილები“,
  „ჩვეულებრივზე მეტი ფუნქციური დანიშნულების მქონე ტექსტი“,1);

  ques[2]=new Card(„ * რამდენ ტეგს შეიცავს ელემენტი?“,
  „მხოლოდ ორს“, „ერთადერთს“, „ერთს ან ორს“, „ორს ან სამს“,3);

  ques[3]=new Card(„ * რა დანიშნულება აქვს HR ელემენტს?“,
  „ტექსტი გადაჰყავს შემდეგ სტრიქონზე“, „იწყებს ახალ აბზაცს“, „ავლებს ხაზს“, „მოცემული
საიტიდან გადაყვართ სხვაზე“,3);

  ques[4]=new Card(„ * რამდენი როლის შესრულება აკისრია HTML კოდში A ელემენტს?“,
  „ერთადერთის“, „ორის“, „სამის“, „ხან ერთის, ხან ორის“, 4);
// end_1 - კითხვა, მასზე სწორი და მცდარი პასუხები, სწორის ნომერი

  ques[0]=new Card(" ", " ", " ", " ", " ", 0); //სამუშაო მასივი
  var pasuxi=" "; // პასუხი

// begin_2 - კითხვების მასივის აჭრა
  var gr = 0; var gr1 = 0;
  for (m1=0; m1<10; m1++) // აჭრისთვის საკმარისად ჩავთვალოთ 10 ოპერაცია
  {

```

```

gr = Math.round(Math.random()*n);
gr1= Math.round(Math.random()*n);

if (gr != gr1)
{ ques[0] = ques[gr1]; ques[gr1] = ques[gr]; ques[gr] = ques[0]; }
}
// end_2 - კითხვების მასივის აჭრა

// begin_3 - კითხვა-პასუხების გამოტანა
document.all.item("Sek").innerHTML =ques[1].shek;
document.all.item("pasuxi1").innerHTML = '1._'+ques[1].p1;
document.all.item("pasuxi2").innerHTML = '2._'+ques[1].p2;
document.all.item("pasuxi3").innerHTML = '3._'+ques[1].p3;
document.all.item("pasuxi4").innerHTML = '4._'+ques[1].p4;
// end_3 - კითხვა-პასუხების გამოტანა

function m(a)
{ // begin_4 - პასუხის სისწორის შემოწმება
if (a==ques[i].sworip)
q++;
else
alert („არა! სწორი პასუხია“ + ques[i].sworip);
// end_4 - პასუხის სისწორის შემოწმება

// begin_5 - ახალი შეკითხვის გამოტანის მომზადება
i++;
var p = 0; var p1 = 0;
if (i < (n+1))
for (m1=0; m1<10; m1++) // საკმარისად ჩავთვალოთ 10 ოპერაცია
{
p = Math.round(Math.random()*4);
p1= Math.round(Math.random()*4);

```

```

if (p > p1)
{ pasuxi=ques[i].p1;    // begin_5.1 - პასუხების აჭრა_1
  ques[i].p1=ques[i].p2;
  ques[i].p2=ques[i].p3;
  ques[i].p3=ques[i].p4;
  ques[i].p4=pasuxi;

  --ques[i].sworip;
  if (ques[i].sworip == 0)
    ques[i].sworip=n;
}          // end_5.1 - პასუხების აჭრა_1
else
{pasuxi=ques[i].p4;    // begin_5.2 - პასუხების აჭრა_2
  ques[i].p4=ques[i].p3;
  ques[i].p3=ques[i].p2;
  ques[i].p2=ques[i].p1;
  ques[i].p1=pasuxi;

  ++ques[i].sworip;
  if (ques[i].sworip == n+1)
    ques[i].sworip=1;
}          // end_5.2 - პასუხების აჭრა_2

document.all.item(„ans“).innerHTML = „შეკითხვა №“ + i + " („ + n + „-დან“);
// end_5 - ახალი შეკითხვის გამოტანის მომზადება

// begin_6 - კითხვის და პასუხების გამოტანა
document.all.item("Sek").innerHTML =ques[i].shek;
document.all.item("pasuxi1").innerHTML ='1._'+ques[i].p1;
document.all.item("pasuxi2").innerHTML ='2._'+ques[i].p2;
document.all.item("pasuxi3").innerHTML ='3._'+ques[i].p3;
document.all.item("pasuxi4").innerHTML ='4._'+ques[i].p4;

// end_6- კითხვის და პასუხების გამოტანა

```

```
    }  
else  
{ i=1;  
  alert (n + " შეკითხვიდან თქვენ გაეციით " + q + " სწორი პასუხი");  
document.write("<center><h2>გამოკითხვის სენსის დასასრული</h2></center>");  
  document.close();  
}  
}  
</script>  
</body>  
</html>
```

ლიტერატურა

1. akvobr.ru/mitio_kaku_obrazovanie_budushego.html (In Russian).

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-40-54>

Concept of Designing Online Manuals

Gela Gvinepadze Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.

E-mail: gvinepadzegela@gmail.com

Tornike Shavishvili Department of Automated Control Systems, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.

E-mail: shavishvilitornike@gmail.com

Reviewers:

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

E-mail: guramchachanidze@yahoo.com

V. Kekenadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: gkekenadze@gtu.ge

Abstract. In recent years, no field of human activity has advanced as rapidly as in the field of computer technology. Here, the most impressive advances have been made in the creation of the Internet and, as a consequence, web technologies. The article deals with the formation of the concept of online leadership both in general terms and taking into account the specifics of the educational environment of Georgia. Based on our interests, it is proposed to provide training materials to users simultaneously in several, at least two languages. The concept of the formation of such guides proposed in the article is considered on the example of teaching the Javascript language of one of the subject on web technologies. In particular, the article deals with the development of structuring rules and the name of files containing training materials that would make it easy to make the changes required over time.

Key words: Javascript; knowledge control system; online management.

UDC 004.5

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-40-54>

Концепция проектирования онлайн руководств

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

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

Рецензенты:

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

В. Кекенадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: gkekenadze@gtu.ge

Аннотация. В последние годы ни одна область человеческой деятельности не продвинулась так быстро, как в области компьютерных технологий, и здесь наиболее впечатляющие успехи были достигнуты в области создания Интернета и, как следствие, веб-технологий. В статье рассматривается вопрос формирования концепции онлайн руководств как в общем плане, так и учитывая специфики образовательной среды Грузии. Исходя из наших интересов, предлагается предоставлять учебные материалы пользователям одновременно на нескольких, минимум на двух, языках. Предложенная в статье концепция формирования таких руководств рассматривается на примере преподавания языка Javascript - одного из предметов по веб-технологиям. В частности, обсуждаются вопросы разработки правил структуризации и наименования файлов, содержащих учебные материалы, которые позволили бы легко проводить внесение требуемых со временем изменений.

Ключевые слова: онлайн руководства; системы контроля знаний; Javascript.

განხილვის თარიღი 23.07.2020

შემოსვლის თარიღი 27.02.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 513.21

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-55-74>

ავტომატური მართვის სისტემის წრფივი მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრა ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის მიხედვით

ზადრი გვასალია მშენებლობის კომპიუტერული დაპროექტების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავა 68^ბ
E-mail: b.gvasalia@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. ლომინაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: n.lominadze@gtu.ge

მ. კუბლაშვილი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: m.kublashvili@gtu.ge

ანოტაცია. ავტომატური მართვის სისტემის (ამს) დაპროექტებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრას, რომელიმე კრიტერიუმის მიხედვით.

ბოლო დროს სულ უფრო ხშირად გვხვდება პუბლიკაციები ავტომატური მართვის სისტემის სინთეზის ამოცანების გადასაწყვეტად არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების მეთოდის გამოყენების შესახებ [1,2].

სტატიაში განხილულია მარტივი და რთული ავტომატური მართვის სისტემების წრფივი მაკორექტირებელი მოწყობილობების პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშების შესაძლებლობები.

გამოყოფილია ავტომატური მართვის სისტემის კლასი, რომელთა მიზნის ფუნქციას აქვს ერთი ექსტ-

რემუმი. დამტკიცებულია შესაბამისი თეორემები. გამოყვანილია მაკორექტირებელი მოწყობილობის ოპტიმალური პარამეტრის საანგარიშო ფორმულა.

რთული მიზნის ფუნქციის შემთხვევაში მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშების ამოცანა წარმოდგენილია როგორც არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანა, ხოლო მიზნის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოსაძიებლად გამოყენებულია შემთხვევითი ძებნის მეთოდი.

სინთეზის საბოლოო ეტაპზე აგებულია მიღებული პარამეტრების შესაბამისი გარდამავალი პროცესების გრაფიკები. მეთოდი ადვილად განხორციელებადია Visual Basic for Application პროგრამების გამოყენებით, რომელიც იძლევა ყველა საჭირო რიცხვითი შედეგის მიღების და შესაბამისი ნახაზების ადვილად წარმოდგენის შესაძლებლობას.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატური მართვის სისტემა; ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმი; ოპტიმალური გარდამავალი პროცესი; წრფივი მაკორექტირებელი მოწყობილობა.

შესავალი

სტატიაში ნაჩვენებია, რომ მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების განსაზღვრის ამოცანა შეიძლება დაყვანილ იქნეს არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანაზე.

ცნობილია, რომ ამს პრაქტიკული ვარგისობისათვის გარდა მდგრადობისა აუცილებელია, რომ ის აკმაყოფილებდეს ზოგიერთ შეზღუდვას, მაგალითად, შეზღუდვებს გადარეგულირების σ სიდიდეზე, რეგულირების t დროზე, სიზუსტეზე, რომელიც მიიღწევა გაძლიერების k კოეფიციენტის სათანადო შერჩევით და სხვა.

ზემოთ აღნიშნული მოთხოვნები განაპირობებს მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ცვლილებას განსაზღვრულ საზღვრებში. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრებს აქვს შეზღუდვები, რომელიც განპირობებულია სხვადასხვა პრაქტიკული მოსაზრებებიდან გამომდინარე და რომელიც დამოკიდებულია აგრეთვე მაკორექტირებელი მოწყობილობის სტრუქტურასა და რიგზე.

ძირითადი ნაწილი

ამოცანის დასმა და კრიტერიუმის შერჩევა

კრიტერიუმების შერჩევა უნდა გადაწყდეს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, იმაზე დამოკიდებულებით, რეგულირების ხარისხის რომელი მაჩვენებელი არის მნიშვნელოვანი მოცემულ მომენტში.

ზოგად შემთხვევაში ხარისხის მაჩვენებელი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$I_0 = I_0(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

სადაც x_1, x_2, \dots, x_n , მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრებია.

მაშასადამე, ოპტიმიზაციის ამოცანაა I_0 მიზნის ფუნქციის მინიმალური (ან მაქსიმალური) მნიშვნელობის პოვნა შემდეგი შეზღუდვების დროს

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, I_g, \quad (2)$$

და

$$h_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, I_h, \quad (3)$$

ეს უკანასკნელი ფორმულირება განსაზღვრავს არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანას. ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის განსაზღვრისას მიზანშეწონილია კომბინირებული კრიტერიუმების შერჩევა, რომელიც იძლევა განზოგადებული თვისებების შეფასების შესაძლებლობას და იმავდროულად ითვალისწინებს სწრაფქმედებას, სიზუსტეს, მაქსიმალურ გადახრას ერთობლიობაში, მათი მნიშვნელობების ცალ-ცალკე გამოთვლის გარეშე.

ასეთ შემთხვევებში ხშირად გამოიყენება ინტეგრალური კრიტერიუმები. განვიხილოთ მაგალითად, ფუნქცია

$$I_0 = \int_0^{\infty} y^2(t) dt. \quad (4)$$

$y(t)$ ფუნქცია ახასიათებს გარდამავალი პროცესის მიმდინარეობას და განისაზღვრება ფორმულით: $y(t) = h_{st} - h(t)$, სადაც h_{st} მისი დამყარებული მნიშვნელობაა.

ინტეგრალი (4) ყველაზე მარტივად გამოითვლება რელეის [3] თეორემის საფუძველზე, რომლიდანაც გამომდინარეობს, რომ

$$I_0 = \int_0^{\infty} y^2(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |Y_{m,n}(j\omega)|^2 d\omega, \quad (5)$$

სადაც $Y_{m,n}(j\omega)$ შეკრული სისტემის გამოსავალზე გარდამავალი შემადგენლის ამპლიტუდური სპექტრია.

იმ შემთხვევაში, როდესაც $Y_{m,n}(p)$ წილადრაციონალური ფუნქციაა:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{B(p)}{C(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{c_n p^n + c_{n-1} p^{n-1} + \dots + c_1 p + c_0}. \quad (6)$$

ფორმულა (6) შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგნაირად:

$$I_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{B(j\omega) \cdot B(-j\omega)}{C(j\omega) \cdot C(-j\omega)} d\omega. \quad (7)$$

ინტეგრალი (7) (როგორც b_i და c_i კოეფიციენტების ფუნქცია) პირველად გამოთვალა მაკ-ლენმა, როდესაც $m \leq n-1$ და $n=1-7$. ამჟამად არსებობს ცხრილები [4] ამ ინტეგრალების გამოსათვლელად, როდესაც n იცვლება 1-დან 10-მდე, რაც მთლიანად აკმაყოფილებს პრაქტიკის მოთხოვნებს.

ამრიგად, თუ შევაჯამებთ ზემოთ მოყვანილ მოსაზრებებს, შეიძლება განვსაზღვროთ გადასაწყვეტი ამოცანების კლასი:

1) ფუნქცია $Y_{m,n}(p)$ უნდა იყოს წილად-რაციონალური ფუნქცია;

2) $Y_{m,n}(p)$ ფუნქციის მრიცხველის რიგს m -სა და მნიშვნელის რიგს n -ს შორის უნდა იყოს შემდეგი დამოკიდებულება $m \leq n-1$;

3) $Y_{m,n}(p)$ ფუნქციის მნიშვნელის რიგი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას $n \leq 10$.

ვინაიდან განიხილება მდგრადი სისტემის გარდამავალი ფუნქცია, $Y_{m,n}(p)$ -სათვის გვაქვს შემდეგი დამოკიდებულება [3]:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{W_{cl}(o) - W_{cl}(p)}{p}, \quad (8)$$

სადაც $W_{cl}(p)$ არის შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქცია.

მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების შეზღუდვათა რიცხვითი მნიშვნელობები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, განისაზღვრება ცალკეულ კონკრეტულ შემთხვევებში და განპირობებულია მაკორექტირებელი მოწყობილობის სტრუქტურით, რიგით და ასევე სხვა ტექნიკური მოსაზრებებით. შესაძლებელია აგრეთვე სინთეზის ცნობილი ლოგარითმული მეთოდის გამოყენება მოწყობილობის სტრუქტურისა და პარამეტრების პირველი მიახლოებითი მნიშვნელობების დასადგენად.

მაკორექტირებელი მოწყობილობის ოპტიმალური პარამეტრების პოვნა ნიშნავს მიზნის ფუნქციის – I_0 -ის მინიმალური ან მაქსიმალური მნიშვნელობის პოვნას და, ამავე დროს, პარამეტრების იმ მნიშვნელობების პოვნასაც, რომელთა დროსაც ამას აქვს ადგილი.

მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების პოვნა საგრძნობლად ადვილდება თუ ცნობილია, რომ სისტემის მიზნის ფუნქციას აქვს ერთი ექსტრემუმი. ამდენად, ასეთი კლასის სისტემის გამოყოფა არის მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანა. ქვემოთ მოყვანილი თეორემები იძლევა აღნიშნული საკითხის გარკვეულწილად გადაწყვეტის შესაძლებლობას.

ერთეკტრემუმიანი მიზნის ფუნქციის მქონე ავტომატური მართვის სისტემები

განვიხილოთ ერთკონტურიანი ავტომატური მართვის სისტემა სურ. 1, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული მაინტეგრირებელ-მადიფერენცირებელი მაკორექტირებელი $W_c(p)$ რგოლისაგან და $W_{ob}(p)$ ობიექტისაგან, რომელთა გადაცემის ფუნქციებს შესაბამისად აქვთ შემდეგი სახე:

$$W_c(p) = \frac{\tau p + 1}{\alpha \tau p + 1}, \quad (9)$$

და

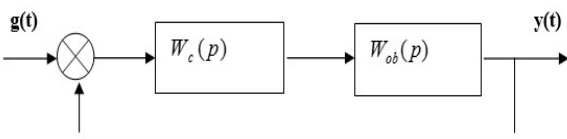
$$W_{ob}(p) = \frac{k}{p(Tp + 1)}, \quad (10)$$

სადაც k არის ობიექტის გამლიერების კოეფიციენტი, T – დროის მუდმივა.

$g(t)$ – შესავალი და $y(t)$ – გამოსავალი სიდიდეები შესაბამისად.

τ – მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრი.

ოპტიმალურობის კრიტერიუმად მდგრადი სისტემებისათვის არჩეულია (5) ფუნქცია.



სურ. 1.

თეორემა 1. ავტომატური მართვის სისტემის, (რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული მაკორექტირებელი მოწყობილობისა (9) და ობიექტისაგან (10), სადაც $0 < \alpha < 1$ და $kT(1+kT) + \alpha(kT-1) > 0$ მიზნის ფუნქციას (5) აქვს მხოლოდ

ერთი მინიმალური მნიშვნელობა τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მიზნის ფუნქცია იქნება მონოტონურად კლებადი.

დამტკიცება. თეორემის დამტკიცება მოითხოვს მიზნის ფუნქციის ანალიზური სახის ცოდნას, რომლის დასადგენად ვიქცევით შემდეგნაირად: დავწერთ შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქციას, მას აქვს სახე:

$$W_{cl}(p) = \frac{k(\tau p + 1)}{\alpha T \tau p^3 + (T + \alpha \tau)p^2 + (1 + k\tau)p + k} \quad (11)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც $0 < \alpha < 1$, ამს, რომელიც აღიწერება (11) ფორმულით მისი მდგრადობის პირობა, გურვიცის კრიტერიუმის თანახმად, მახასიათებელი განტოლების დადებითი კოეფიციენტების შემთხვევაში, ყოველთვის სრულდება თუ დაცულია ქვემოთ მოყვანილი პირობა:

$$(T + \alpha \tau)(1 + k\tau) > \alpha k \tau T \quad (12)$$

შესაბამისად, $W_{cl}(0) = 1$ (8) ფორმულაში ჩავსვათ (11) გამოსახულება და გავითვალისწინოთ, რომ $W_{cl}(0) = 1$ მივიღებთ:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{\alpha T \tau p^2 + (T + \alpha \tau)p + 1}{\alpha T \tau p^3 + (T + \alpha \tau)p^2 + (1 + k\tau)p + k} \quad (13)$$

თუ გამოვიყენებთ ფორმულებს, რომელიც მოცემულია [4], მაშინ შეიძლება დავწეროთ მიზნის ფუნქციის ანალიზური სახე:

$$I_0 = \frac{(\alpha T k^2 + k \alpha^2) \tau^2 + (\alpha T k + \alpha) + k T^2 + T}{2 k^2 \alpha \tau^2 + 2(k \alpha + k^2 T - k^2 \alpha T) \tau + 2 k T} \quad (14)$$

ჩავატაროთ (14) ფუნქციის გამოკვლევა ექსტრემუმზე. ამისათვის საჭიროა დავადგინოთ განსაზღვრულია თუ არა (14) ფუნქცია τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ფარგლებში ცვლილებისას (აქ იგულისხმება, რომ ობიექტის პარამეტრები ღებულობს ნებისმიერ,

მაგრამ ფიქსირებულ მნიშვნელობას, ხოლო ცვლადი არის τ პარამეტრი).

ამისათვის (14) გამოსახულების მნიშვნელი გავუტოლოთ ნულს და ამოვხსნათ განტოლება:

$$k^2\alpha\tau^2 + k(\alpha + kT - kT\alpha)\tau + kT = 0. \quad (15)$$

ამ განტოლების ფესვები, რადგანაც ყველა კოეფიციენტი დადებითია, იქნება უარყოფითი, იმის გამო, რომ განიხილება შემთხვევა, როცა $0 < \alpha < 1$.

ამრიგად, (14) გამოსახულების მნიშვნელი τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას არსად არ ღებულობს ნულოვან მნიშვნელობას. იმავე დროულად ის უწყვეტია ამავე ნახევარსეგმენტზეც.

ვიპოვოთ I_0 ფუნქციის სტაციონარული წერტილები. ამისათვის საჭიროა ვიპოვოთ ფუნქციის პირველი წარმოებული და ამოვხსნათ I_0' განტოლება. გვექნება, რომ

$$I_0' = \frac{2k^2(1-\alpha)[kT(1+kT) + \alpha(kT-1)]\tau^2 - 4k^2\alpha T(1-\alpha)\tau - 2k^2T^2(1+kT)(1-\alpha)}{[2k^2\alpha\tau^2 + 2k(\alpha + kT - kT\alpha)\tau + 2kT]^2}. \quad (16)$$

ეს უკანასკნელი გამოსახულება იქნება ნულის ტოლი, როცა მრიცხველი იქნება ნულის ტოლი, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$[kT(kT+1) + \alpha(kT-1)]\tau^2 - 2T\alpha\tau - T^2(1+kT) = 0. \quad (17)$$

$$\text{თუ კოეფიციენტი } kT(kT+1) + \alpha(kT-1) > 0, \quad (18)$$

მაშინ (17) განტოლების ამოხსნას ექნება სახე:

$$\tau_{1,2} = \frac{T(\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 + (kT+1)[kT(kT+1) + \alpha(kT-1)]})}{kT(kT+1) + \alpha(kT-1)} \quad (19)$$

ამ უკანასკნელი გამოსახულებიდან ჩანს, რომ ერთი ფესვი არის დადებითი, ხოლო მეორე – უარყოფითი.

ამრიგად, თუ კმაყოფილდება (18) პირობა, მაშინ I_0 ფუნქციას აქვს მხოლოდ ერთი სტაციონარული წერტილი τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას. გამოვიკვლიოთ ახლა, მინიმალურ თუ მაქსიმალურ მნიშვნელობას ღებულობს ფუნქცია სტაციონარულ წერტილში. ამისათვის საჭიროა დავადგინოთ პირველი წარმოებულის ნიშანი სტაციონარულ წერტილამდე და მის შემდეგ. წარმოებულის გამოსახულებიდან ჩანს, რომ $I_0' < 0$, ხოლო

$I_0'(\infty) = 0$. გარდა ამისა, იმის გამო, რომ (16) გამოსახულების მნიშვნელი ყოველთვის დადებითია, ამიტომ პირველი წარმოებულის ნიშანი მთლიანად დამოკიდებულია მრიცხველის ნიშანზე.

თავისთავად

$$[kT(kT+1) + \alpha(kT-1)]\tau^2 - 2T\alpha\tau - T^2(1+kT)$$

მრიცხველი არის პარაბოლა, რომლის წვერო

$$O_2 \left\{ \frac{\alpha T}{kT(1+kT) + \alpha(kT-1)}, -2k^2T^2(1-\alpha) \left[kT + \frac{\alpha^2}{kT(1+kT) + \alpha(kT-1)} \right] \right\}$$

მდებარეობს მეოთხე კვადრანტში. ეს პარაბოლა გადაკვეთს აბცისთა დადებით ღერძს მხოლოდ ერთ წერტილში, რომელიც შეესაბამება სტაციონარული წერტილის აბსცისას.

ამრიგად, პარაბოლის შტოები განთავსებულია τ პარამეტრის ცვლილებისას სტაციონარულ წერტილამდე აბცისთა ღერძის დაბლა, ხოლო სტაციონარული წერტილის შემდეგ – ამ ღერძის მაღლა. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სტაციონარულ

წერტილამდე (16) გამოსახულების მრიცხველი არის უარყოფითი, ხოლო მას შემდეგ – დადებითი. ამრიგად, სტაციონარულ წერტილზე გადასვლისას პირველი წარმოებულის ნიშანი იცვლება უარყოფითი მნიშვნელობიდან დადებითისკენ და, შესაბამისად, მიზნის ფუნქციას აქვს მინიმუმი. რაც დამადასტურებელია იმისა, რომ სრულდება მინიმუმის არსებობის საკმარისი პირობა.

თუ არ სრულდება (18) პირობა, ე.ი.

$$kT(kT + 1) + \alpha(kT - 1) \leq 0, \quad (20)$$

მაშინ უკანასკნელის ნიშნის გათვალისწინებით (16) გამოსახულებაში, მივიღებთ $I'_0(\tau) < 0$, τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტზე ცვლილებისას. არ არის ძნელი დავადგინოთ, $I_0(0) = \frac{T}{2} + \frac{1}{2k}$ და $I_0(\infty) = \frac{1}{2} + \frac{\alpha}{2k}$. იმის გამო, რომ $0 < \alpha < 1$, მაშინ $I_0(0) > I_0(\infty)$. შევაჯამოთ ზემოთ ნათქვამი, რომ თუ

$$I'_0 = \frac{-2k^2(\alpha - 1)[kT(1 + kT) + \alpha(kT - 1)]\tau^2 + 4k^2\alpha T(\alpha - 1)\tau + 2k^2T^2(1 + kT)(\alpha - 1)}{[2k^2\alpha\tau^2 + 2k(\alpha + kT - kT - kT\alpha)]^2}. \quad (21)$$

ვთქვათ, სრულდება (18) პირობა, მაშინ ქვემოთ მოყვანილი განტოლების ამოხსნისას

$$- [kT(1 + kT) + \alpha(kT - 1)]\tau^2 + 2\alpha\tau T + T^2(1 + kT) = 0, \quad (22)$$

მიიღება ნამდვილი ფესვები, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა ნიშანი. შესაბამისად გვექნება ერთი სტაციონარული წერტილი, τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას. იმ შემთხვევაში, როდესაც $kT(1 + kT) + \alpha(kT - 1) \leq 0$, მაშინ (22) განტოლების ყველა კოეფიციენტი იქნება დადებითი და,

არ სრულდება (18) პირობა, მაშინ $I'_0(\tau) < 0$, τ პარამეტრის $[0, \infty)$ მონაკვეთზე ცვლილებისას და მაშინ მიზნის ფუნქცია იქნება მკაცრად კლებადი. ამრიგად, თეორემა 1 დამტკიცებულია.

თეორემა 2. ავტომატური მართვის სისტემის, რომელიც შედგება მაკორექტირებელი მოწყობილობისა (9) და ობიექტისაგან (10), სადაც $\alpha > 1$ და $\alpha + kT - kT\alpha \geq 0$, τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას, მიზნის ფუნქციას აქვს ერთადერთი მაქსიმალური მნიშვნელობა. მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა სრულდება პირობა $kT(1 + kT) + \alpha(kT - 1) > 0$.

დამტკიცება. ცხადია, რომ თუ $\alpha > 1$ და $\alpha + kT - kT\alpha \geq 0$ τ პარამეტრის $[0, \infty)$ ნახევარსეგმენტში ცვლილებისას სრულდება სისტემის მდგრადობის (12) პირობა და განსაზღვრულია (14) ფუნქცია. I'_0 -ისათვის გვაქვს:

შესაბამისად, ფესვები იქნება ან უარყოფითები, ან კომპლექსურები.

ახლა განვსაზღვროთ, მაქსიმალურ თუ მინიმალურ მნიშვნელობას ღებულობს ფუნქცია სტაციონარულ წერტილში. (21) განტოლებიდან ცხადია, რომ $I'_0(0) > 0$ და $I'_0(\infty) = 0$. ამ შემთხვევაში წინა შემთხვევის ანალოგიურად, (21) გამოსახულების მრიცხველი არის პარაბოლა, რომლის წვერო მდებარეობს პირველ კვადრანტში:

$$O_2 \left\{ \frac{\alpha T}{kT(1+kT) + \alpha(kT-1)}, 2k^2 T^2 (\alpha - 1) \left[1 + kT + \frac{\alpha^2}{kT(1+kT) + \alpha(kT-1)} \right] \right\},$$

და გადაკვეთს აბცისთა ღერძს ერთ წერტილში. ამრიგად, გვაქვს, რომ სტაციონარულ წერტილამდე $I'_0(\tau) > 0$, ხოლო მის შემდეგ $I'_0(\tau) < 0$, ე.ი. სტაციონარულ წერტილში ფუნქცია ღებულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას. რაც უნდა დაგვემტკიცებინა.

პარამეტრის საბოლოო მნიშვნელობა, რომლის დროსაც მიზნის ფუნქცია ღებულობს ექსტრემალურ მნიშვნელობას, ორივე განხილულ შემთხვევაში, გამოითვლება ფორმულით:

$$\tau_{1,2} = \frac{T \left\{ \alpha + \sqrt{\alpha^2 + (kT+1)[KT(kT+1) + \alpha(kT-1)]} \right\}}{kT(kT+1) + \alpha(kT-1)}. \quad (23)$$

ამრიგად, მოყვანილი თეორემები შესაძლებლობას იძლევა დავადგინოთ მიზნის ფუნქციის ერთ-ექსტრემუმიანობა გარკვეული კლასის სისტემებისათვის, რომლებიც შედგება ობიექტისა და მაკორექტირებელი მოწყობილობისაგან.

ანალოგიური თეორემების დამტკიცება ამს, რომლებიც შეიცავენ უფრო მაღალი რიგის მაკორექტირებელ მოწყობილობებს და ობიექტებს, არის ძალიან ძნელი ან ზოგად შემთხვევაში შეუძლებელიც. ამიტომ ასეთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია სხვა, კერძოდ არაწრფივი მათემატიკური მეთოდების გამოყენება, ხოლო რაც შეეხება მრავალი ცვლადის, მრავალექსტრემუმიანი და ზოგადად რთული კონფიგურაციის მქონე ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოძებნას, ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ შემთხვევითი ძებნის ან ψ - გარდასახვის მეთოდები, რადგანაც ჩვენი აზრით სწორედ ეს მეთოდები უზრუნველყოფს ყველაზე

ზუსტად და მარტივად ზემოთ აღნიშნული ხასიათის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის და შესაბამისი პარამეტრების მოძებნას.

მრავალექსტრემუმიანი, მრავალპარამეტრიანი და ზოგადად რთული კონფიგურაციის მიზნის ფუნქციის მქონე ავტომატური მართვის სისტემები

ძალიან ხშირად პრაქტიკულ ამოცანებში მიზნის ფუნქციებს აქვს მულტიმოდალური სახე, ამიტომ მიზანშეწონილია მათი მინიმუმის მოსაძებნად გამოვიყენოთ გლობალური ანუ აბსოლუტური ექსტრემუმის ძებნის მეთოდები.

მოკლედ განვიხილოთ ექსტრემუმის პოვნის შემთხვევითი ძებნის მეთოდი [5], რომელსაც შემდეგში გამოვიყენებთ. შემთხვევითი ძებნის მეთოდი აბსოლუტური ექსტრემუმის მონახვის უმარტივესი მეთოდი, რომელიც ε სიზუსტით კრებადობას მხოლოდ $W \rightarrow \infty$ რაოდენობის სტატისტიკური ცდების საფუძველზე უზრუნველყოფს. აღნიშნული მეთოდით მრავალი ცვლადის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოძებნა დიდი რაოდენობის ცდების ჩატარებას ითვალისწინებს, რაც გამოთვლითი ხასიათის მნიშვნელოვან შრომატევადობასთან იყო დაკავშირებული, მაგრამ თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკის შესაძლებლობის გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ ეს სიძნელებები აღმოფხვრილია.

მართლაც, ვთქვათ, ძებნის დასაშვები არე არის n -განზომილებიანი კუბი, რომლის მოცულობა ტოლია $V=1$, ხოლო ε მიდამოს მოცულობა ტოლია $V = \varepsilon^n$, მაშინ ε მიდამოში შემთხვევითი წერტილის

მოხვედრის ალბათობაა $p(N) = 1 - (1 - \varepsilon^n)^N$. მაშა-სადამე, სტატისტიკური ცდების ის რაოდენობა, რომლის საფუძველზე p ალბათობით შეიძლება ვამტკიცოთ, რომ ε სიზუსტით მომეზნევილი ოპტი-მალური მნიშვნელობა ჭეშმარიტ მნიშვნელობას შეესაბამება, ტოლია

$$N = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \cdot \ln[1/(1-p)].$$

მაგალითად, ორგანზომილებიანი ამოცანის შემ-თხვევაში ($n=2$), როცა $p=1/2$ და $\varepsilon = 10^{-3}$, საჭიროა არანაკლებ $N = (1/10^{-3})^2 \cdot \ln[1/(1-1/2)] = 10^6 \ln 2 = 0.69 \cdot 10^6$ სტატისტიკური ცდების ჩატარება.

ავტომატური მართვის სისტემის მაგალითის განხილვა

ვთქვათ, ამს შედგება მიმდევრობით (სურ. 1) შე-ერთებული მაკორექტირებელი $W_c(p)$ მოწყობილო-ბისა და $W_{ob}(p)$ ობიექტისაგან, შესაბამისად.

$$W_c(p) = \frac{(T_2p+1)(T_3p+1)}{(T_1p+1)(T_4p+1)}, \quad (24)$$

$$W_{ob}(p) = \frac{k}{p(T_{01}p+1)(T_{02}p+1)(T_{03}p+1)}, \quad (25)$$

სადაც T_i $i=1,2,3,4$, ხოლო T_{0j} $j=1,2,3$ და k არის მაკორექტირებელი მოწყობილობის და ობიექტის პა-რამეტრები

სამიბეული პარამეტრების ზღვრების დადგენი-სას შემთხვევით აღმოჩნდა, რომ $T_{01} = T_3$, ამიტომ გახსნილი სისტემის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$W_0(p) = W_c(p) \cdot W_{ob}(p) = \frac{k(T_2p+1)}{p(T_1p+1)(T_4p+1)(T_{02}p+1)(T_{03}p+1)}, \quad (26)$$

ხოლო შევრული სისტემის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$W_{cl}(P) = \frac{W_o(p)}{1+W_o(p)} = \frac{k(T_2p+1)}{p(T_1p+1)(T_4p+1)(T_{02}p+1)(T_{03}p+1)+k(T_2p+1)}. \quad (27)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $W_{cl}(0) = 1$ და ჩავსვამთ (27) –ს ფორმულა (8)–ში, მაშინ მივიღებთ:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{1}{p} \left[1 - \frac{k(T_2p+1)}{p(T_1p+1)(T_4p+1)(T_{02}p+1)(T_{03}p+1)+k(T_2p+1)} \right]^n = \frac{[T_1T_4p^2 + (T_1+T_4)p+1][T_{02}T_{03}p^2 + (T_{02}+T_{03})p+1]}{p\{T_1T_4p^2 + (T_1+T_4)p+1\}[T_{02}T_{03}p^2 + (T_{02}+T_{03})p+1] + kT_2p+k}. \quad (28)$$

(28) გამოსახულების გამარტივებისა და სათანა-დო აღნიშვნების შემოტანის შემდეგ გვექნება:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{b_4p^4 + b_3p^3 + b_2p^2 + b_1p + b_0}{c_5p^5 + c_4p^4 + c_3p^3 + c_2p^2 + c_1p + c_0}, \quad (29)$$

სადაც

$$\begin{aligned} c_5 &= b_4 = T_1T_4T_{02}T_{03} \\ c_4 &= b_3 = T_1T_4T_{02} + T_1T_4T_{03} + T_1T_{02}T_{03} + T_4T_{02}T_{03} \\ c_3 &= b_2 = T_1T_4 + T_1T_{02} + T_1T_{03} + T_4T_{02} + T_4T_{03} + T_{02}T_{03} \\ c_2 &= b_1 = T_1 + T_4 + T_{02} + T_{03} \\ c_1 &= 1 + kT_2 \\ c_0 &= k \\ b_0 &= 1 \end{aligned} \quad (30)$$

ფუნქცია $Y_{m,n}(p)$, როგორც b_i და c_i კოეფიციენ-ტების ფუნქცია წარმოდგენილია ზემოთ. როგორც (29) გამოსახულებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ განხილულ შემთხვევაში $n=5$ და $m=4$, ამიტომ მიზნის ფუნქციას ექნება სახე:

$$I_0 = \frac{1}{\Delta} [b_4^2m_0 + (b_3^2 + 2b_2b_4)m_1 + (b_2^2 - 2b_1b_3 + 2b_0b_4)m_2 + (b_1^2 - 2b_0b_2)m_3 + b_0^2m_4], \quad (31)$$

სადაც

$$\begin{aligned}
 m_1 &= -c_0 c_3 + c_1 c_2, \\
 m_0 &= \frac{1}{c_5} (c_3 m_1 - c_1 m_2), \\
 m_2 &= -c_0 c_5 + c_1 c_4, \\
 m_3 &= \frac{1}{c_0} (c_2 m_2 - c_4 m_1), \\
 m_4 &= \frac{1}{c_0} (c_2 m_3 - c_4 m_2), \\
 \Delta &= c_0 (c_1 m_4 - c_3 m_3 + c_5 m_4)
 \end{aligned} \tag{32}$$

თუ შემოვიღებთ ცვლადების შემდეგ აღნიშვნებს $\tau_1 = T_1$, $\tau_2 = T_2$, $\tau_3 = k$, $\tau_4 = T_4$ და გავითვალისწინებთ ობიექტის პარამეტრების შემდეგ მნიშვნელობებს, რომელიც ტოლია;

$$\begin{aligned}
 T_{02} &= 0.02 \text{ sec} \\
 T_{03} &= 0.01 \text{ sec}
 \end{aligned} \tag{33}$$

მაშინ ამოცანა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად:

საჭიროა ვიპოვოთ $I_0(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4)$ მიზნის ფუნქციის გლობალური მინიმუმი, სადაც I_0 განისაზღვრება (31,32,33) ფორმულებით და შემდეგი შეზღუდვების გათვალისწინებით:

$$\begin{aligned}
 2.27 &\leq \tau_1 \leq 10, \\
 0.125 &\leq \tau_2 \leq 0.5, \\
 200 &\leq \tau_3 \leq 225, \\
 0.02 &\leq \tau_4 \leq 0.03,
 \end{aligned} \tag{33, ა)$$

ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი შეიძლება დაფუძნდეს მირითად ეტაპად და შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად:

1. მუშაობის დასაწყისშივე განისაზღვრება ყველა საწყისი მონაცემი. აქ იგულისხმება, არა მარტო ის მონაცემები, რომლებსაც ითვალისწინებს პროექტი, არამედ ისინიც, რომლებიც საჭიროა კომპიუტერული გამოთვლების ჩასატარებლად, მაგალითად, სტატისტიკური ცდების რაოდენობა S , შეზღუდვათა m და

ცვლადების n რაოდენობა. საწყის მომენტში მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობის შესადარებელი თეორიულად შესაძლო დიდი რიცხვის სიდიდე - I_{min} .

2. სტატისტიკური ცდების ჩატარების პროცესის დაწყება, რომლის დროსაც შემთხვევითი რიცხვების გენერატორის მიერ გამომუშავდება რიცხვები, რომლებიც შემდეგ შესაბამისი ალგორითმის საშუალებით და შეზღუდვათა გათვალისწინებით ფორმირდება, როგორც საპროექტო პარამეტრების მნიშვნელობები.

3. წინასწარ მოცემული პირობის შესაბამისად მოწმდება ყველა შეზღუდვა. თუ შეზღუდვებზე დადებული ყველა პირობა ერთდროულად შესრულებულია, მაშინ მართვა გადაეცემა მომდევნო მე-4 ეტაპის შესრულებას, წინააღმდეგ შემთხვევაში, მართვა გადაეცემა მე-2 ეტაპის შესრულებას და აირჩევა საპროექტო პარამეტრების ახალი მნიშვნელობები.

4. გამოითვლება მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა და შედარდება წინასწარ არჩეულ დიდ რიცხვს. თუ მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა ნაკლები იქნება ამ რიცხვზე, მაშინ ამ რიცხვს მიენიჭება მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა და შეინახება სათანადო პარამეტრებთან ერთად, რათა გამოყენებულ იქნეს შემდეგი გამოთვლებისათვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მართვა გადაეცემა მე-2 ეტაპის შესრულებას და გაგრძელდება ციკლური პროცესი შემთხვევითი რიცხვების ახალი მნიშვნელობებისათვის. ეს ციკლური გამოთვლები გაგრძელდება მანამ, სანამ ჩატარდება ყველა S ცდა. შედეგად მივიღებთ მიზნის ფუნქციის მინიმალურ მნიშვნელობას და მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების იმ მნიშვნელობებს, რომლებიც უზრუნველყოფს მიზნის ფუნქციის ოპტიმალურ მნიშვნელობას.

კომპიუტერზე ამოცანის ამოხსნის პროგრამა დაწერილია VBA (Visual Basic For Application) სისტემაზე. მისი რეალიზაციის პროგრამა სათანადო კომენტარებით მოცემულია ქვემოთ.

პირველ ცხრილში მოყვანილია ზემოთ აღნიშნული ამოცანის ამოხსნის შედეგები

ცხრილი 1

$I_0= 6.267872E-04$ $T1= 7.7238822644949$ $T2= 0.325034007430077$ $k= 214.488$ $T4= 2.28956246376038E-02$
 $I_0= 6.124125E-04$ $T1= 3.09223758161068$ $T2= 0.499780461192131$ $k= 216.9044$ $T4= 2.01570391654968E-02$
 $I_0= 5.38912E-04$ $T1= 9.01478716313839$ $T2= 0.406507894396782$ $k= 206.8236$ $T4= 0.0267364668884613$
 $I_0= 1.306256E-04$ $T1= 4.35987675607204$ $T2= 0.342941150069237$ $k= 205.2425$ $T4= 2.07870888710022E-02$

ავტომატური მართვის სისტემის გარდამავალი პროცესების აგება

მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების განსაზღვრის შემდეგ სასურველია ავადგომით გარდამავალი პროცესის გრაფიკი, რომელიც წარმოადგენს ავტომატური მართვის სისტემის სინთეზის საბოლოო ეტაპს. მას აკისრია ერთგვარი, შემოწმებითი ხასიათის ფუნქციაც. გარდამავალი პროცესის გრაფიკი ცხადად წარმოაჩენს მის დინამიკას, კერძოდ, რხევადია პროცესი თუ მონოტონური, გვიჩვენებს რეგულირების დროს და მაქსიმალური გადახრის სიდიდეების მნიშვნელობებს და აგრეთვე რხევის ჩაქრობის ინტენსიურობას. ერთი სიტყვით ყველა კითხვაზე გასცემს პასუხს, რომელიც დაისვა ამ სინთეზის დაწყების წინ, ამიტომ მის აგებას ძალიან დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

არსებობს ამს გარდამავალი პროცესის აგების მრავალი მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა შევადგათ სისტემის დინამიკური მახასიათებლები. ამ მეთოდებს შორის პირველია კლასიკური მეთოდი, რომელიც გულისხმობს სისტემის დიფერენციალური განტოლების ცოდნას, რასაკვირველია მისი

მარჯვენა ნაწილის გათვალისწინებით. განტოლების ამოსახსნელად საჭიროა დავეწროთ მახასიათებელი განტოლება მარჯვენა ნაწილის გარეშე. უნდა ვიპოვოთ მახასიათებელი განტოლების ფესვები და დიფერენციალური განტოლების ზოგადი ამონახსნი. შემდეგ უნდა ვეძებოთ კერძო ამონახსნები, რისთვისაც საჭიროა ინტეგრალური მუდმივების პოვნა საწყისი პირობების გათვალისწინებით. ამის შემდეგ საჭიროა გარდამავალი პროცესის აგება, საიდანაც ზუსტად გამოჩნდება ამს თვისობრიობის ყველა მაჩვენებელი. ეს პროცესი არის რთული, რადგანაც არ ვიცით მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების გავლენა გარდამავალი პროცესის მაჩვენებლებზე. ამის გასარკვევად საჭიროა ავადგომით ძალიან დიდი რიცხვი გარდამავალი პროცესებისა მაკორექტირებელი პარამეტრების სხვადასხვა კომბინაციის შემთხვევაში. ზოგად შემთხვევაში შეუძლებელია მივიღოთ ანალიზური დამოკიდებულება გარდამავალი პროცესის დროსა, მაქსიმალურ გადახრასა და სისტემის პარამეტრებს შორის. მაშინაც კი როცა მოინახება მრავალი ცდის ჩატარების შედეგად პარამეტრების მეტ-ნაკლებად დამაკმაყოფილებელი მნიშვნე-

ლობები, არ შეიძლება ვიყოთ დარწმუნებული, რომ არ არსებობს რომელიღაც სხვა უფრო მეტად სასურველი პარამეტრების თანაფარდობა. ამრიგად, ძნელი და რთული გამოთვლითი სამუშაოებიც კი არ იძლევა გარანტიას, რომ სამუშაოები შესრულებულია ბოლომდე კარგად, ამიტომ პოვნა უფრო სასურველი პარამეტრების კომბინაციისა, ამა თუ იმ თვალსაზრისით, არის მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანა.

გარდამავალი პროცესის აგების არსებულ მეთოდებს შორის მნიშვნელოვანია სიხშირული მეთოდი. ჩვენს შემთხვევაში, სწორედ ამ მეთოდის გამოყენება მიგვაჩნია ყველაზე მიზანშეწონილად.

კავშირი გარდამავალ ფუნქციასა და მის სიხშირულ მახასიათებელს შორის ჩაიწერება ფორმულით, რომელიც დაახლოებით 180 წლის წინ მიიღო ფურიემ.

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U(\omega)}{\omega} \sin(\omega t) d\omega \quad (34)$$

სადაც $U(\omega)$ არის შეკრული ამ ნამდვილი (რეალური) სიხშირული მახასიათებელი.

$U(\omega)$ -ს გამოსათვლელად საჭიროა ვიცოდეთ შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქცია, რომელსაც აქვს სახე:

$$W_{cl}(p) = \frac{W_{op}(p)}{1 + W_{op}(p)} = \frac{k(T_2 p + 1)}{P(T_1 p + 1)(T_4 p + 1)(T_{02} p + 1)(T_{03} p + 1) + k(T_2 p + 1)} \quad (35)$$

თუ (35) გამოსახულების მნიშვნელს გადავამრავლებთ და შემდეგ დავალაგებთ p -ს ხარისხების მიხედვით და გავითვალისწინებთ (30) აღნიშვნებს, შესაბამისად გვექნება:

$$W_{cl}(p) = \frac{k(T_2 p + 1)}{c_5 p^5 + c_4 p^4 + c_3 p^3 + c_2 p^2 + c_1 p + c} \quad (36)$$

თუ (36) გამოსახულებაში p -ს შევცვლით $j\omega$ -ით და გავითვალისწინებთ, რომ $j^2 = -1$, მაშინ გვექნება:

$$W_{cl}(j\omega) = \frac{k(T_2 j\omega + 1)}{j c_5 \omega^5 + c_4 \omega^4 - j c_3 \omega^3 - c_2 \omega^2 + j c_1 \omega + c_0} = \frac{k(T_2 j\omega + 1)}{(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) + j(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)} \quad (37)$$

(37) გამოსახულების მნიშვნელში კომპლექსური რიცხვის მოსპობის მიზნით, საჭიროა ამ გამოსახულების მნიშვნელი და მრიცხველი გავამრავლოთ მნიშვნელის შეუღლებულ რიცხვზე, ე.ი. $(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) - j(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)$ -ზე, გვექნება:

$$W_{cl}(j\omega) = \frac{k(jT_2 \omega + 1)[(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) - j(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)]}{(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0)^2 + (c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)^2} \quad (38)$$

დაწვრილებით განვიხილოთ მხოლოდ მრიცხველი. ამისათვის გავამრავლოთ მრიცხველში მდგომი წევრები ერთმანეთზე და, შესაბამისად, გვექნება:

$$k[jT_2 \omega(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) + T_2 \omega(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega) + (c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) - j(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)] = k[T_2 \omega(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega) + (c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0)] + jk[(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) - (c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)]$$

ეს უკანასკნელი გამოსახულება შევიტანოთ (38) გამოსახულების მრიცხველში და დავალაგოთ რეალური და წარმოსახვითი ნაწილები ცალ-ცალკე. გვექნება:

$$W_{cl}(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega),$$

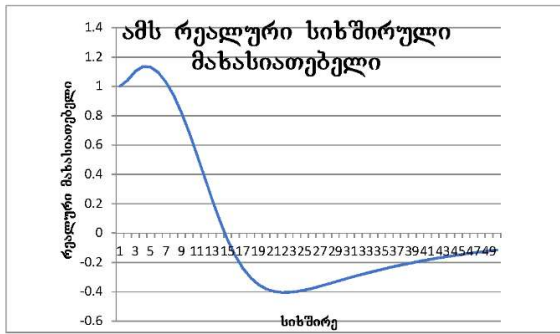
სადაც

$$U(\omega) = \frac{k[T_2 \omega(c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega) + (c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0)]}{(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0)^2 + (c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)^2}, \quad (39)$$

$$V(\omega) = j \frac{k[T_2 \omega(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0) - (c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)]}{(c_4 \omega^4 - c_2 \omega^2 + c_0)^2 + (c_5 \omega^5 - c_3 \omega^3 + c_1 \omega)^2} \quad (40)$$

$U(\omega)$ და $V(\omega)$ არის შეკრული ავტომატური მართვის სისტემის რეალური და წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებლები, შესაბამისად.

მე-2 სურ-ზე მოცემულია რეალური სიხშირული მახასიათებლის გრაფიკი



სურ. 2.

დავუბრუნდეთ ისევ (34) ფორმულას და დროის ფიქსირებული მომენტისათვის, ე.ი. როცა $t = t_1$, ფორმულა წარმოდგინდება შემდეგნაირად:

$$y(t_1) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\omega_1} U(\omega) \frac{\sin(\omega t_1)}{\omega} d\omega \quad (41)$$

ეს უკანასკნელი კი ინტეგრალის გამოთვლის ტრაპეციების მეთოდის გამოყენებით [6] შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} y(t_1) &= \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left[\frac{1}{2} \frac{U(\omega_1)}{\omega_1} \sin(t_1\omega_1) + \frac{U(\omega_2)}{\omega_2} \sin(t_1\omega_2) + \dots + \right. \\ &+ \left. \frac{U(\omega_{l-1})}{\omega_{l-1}} \sin(t_1\omega_{l-1}) + \frac{1}{2} \frac{U(\omega_l)}{\omega_l} \sin(t_1\omega_l) \right] = \\ &= \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left\{ \sum_{i=2}^{l-1} \frac{U(\omega_i)}{\omega_i} \sin(t_1\omega_i) + \right. \\ &+ \left. 0.5 \left[\frac{U(\omega_1)}{\omega_1} \sin(t_1\omega_1) + \frac{U(\omega_l)}{\omega_l} \sin(t_1\omega_l) \right] \right\} \quad (42) \end{aligned}$$

ჩაწერის გამარტივების მიზნით შემოვიღოთ აღნიშვნა:

$$\frac{U(\omega)}{\omega} \sin(\omega t) = z$$

მაშინ (42) გამოსახულება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$y(t_1) = \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left[\sum_{i=2}^{l-1} z_{ij} + 0.5(z_{1j} + z_{lj}) \right], \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad (43)$$

სადაც M დისკრეტიზაციის რიცხვია, ხოლო l – ინტეგრირების ზღვარი.

გარდამავალი პროცესის ასეთი წარმოდგენის უპირატესობა არის ის, რომ იგი ადვილად რეალიზებადი ხდება კომპიუტერზე. რაც შეეხება ინტეგრირების ბიჯს, იგი საჭიროა ავარჩიოთ ისეთნაირად, რომ ინტეგრირების ბიჯის ფარგლებში ინტეგრალქვეშა ფუნქცია უნდა იყოს თითქმის წრფივი.

პირველ ნულოვან მნიშვნელობას $\frac{\sin(\omega t)}{\omega}$ ფუნქცია ლებულობს მაშინ, როცა არგუმენტი $\omega t = \pi$ საიდანაც შესაბამისად შეიძლება გამოვითვალოთ:

$$\omega = \frac{\pi}{t_r}, \quad (44)$$

$[\omega, \infty)$ ინტერვალი, რომელიც მიღებულია (44)-დან შეიძლება დავყოთ, $\omega = \Delta\omega \cdot l$ მონაკვეთებად, საიდანაც $\Delta\omega = \frac{\omega}{l}$, რაც იქნება ინტეგრირების ბიჯის მნიშვნელობა.

სტატის თან ერთვის პროგრამები, დაწერილი Visual Basic for Application სისტემაში. რომლებიც გამოითვლიან მაკორექტირებელი მოწყობილობის ოპტიმალურ პარამეტრებს და აგრეთვე ოპტიმალურობის გზაზე მიმავალი პროცესის დროს შუალედური პარამეტრების მნიშვნელობებს. მე-3 სურ-ზე ნაჩვენებია აგრეთვე ამ პარამეტრების შესაბამისი ამს გარდამავალი პროცესების გრაფიკები. გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს ყველა იმ დინამიკური მახასიათებლის მნიშვნელობების პასუხები, რომელიც დაისვა ამს სინთეზის დასაწყისში.

ცხრილი 2

t	y1(t)	y2(t0)	y3(t)	y4(t)
0.01	7.80E-05	0.000392	0.000185	8.83E-05
0.02	0.000195	0.000932	0.000445	0.000218
0.03	0.000387	0.001739	0.000844	0.000426
0.04	0.000678	0.002889	0.001429	0.000738
0.05	0.001085	0.004396	0.00222	0.00117
0.06	0.001611	0.006211	0.003211	0.001725
0.07	0.002248	0.008232	0.004371	0.002392
0.08	0.002978	0.01031	0.005651	0.003151
0.09	0.003777	0.01228	0.006985	0.003975
0.1	0.004618	0.013982	0.008308	0.004834
0.11	0.005474	0.015281	0.009559	0.005698
0.12	0.006321	0.016091	0.010687	0.006542
0.13	0.007141	0.016379	0.011658	0.007349
0.14	0.007923	0.016168	0.012457	0.008105
0.15	0.00866	0.015534	0.013083	0.008807
0.16	0.00935	0.014587	0.01355	0.009454
0.17	0.009995	0.013457	0.013877	0.010049
0.18	0.010598	0.012275	0.01409	0.010598
0.19	0.011161	0.011158	0.014209	0.011104
0.2	0.011683	0.010194	0.014252	0.011569
0.21	0.012165	0.009442	0.014231	0.011993
0.22	0.012602	0.008928	0.014154	0.012373
0.23	0.012993	0.008647	0.014023	0.012708
0.24	0.013333	0.008577	0.013843	0.012993
0.25	0.013621	0.008682	0.013617	0.013229
0.26	0.013856	0.008923	0.013353	0.013414
0.27	0.014042	0.009262	0.013063	0.013553
0.28	0.014182	0.009668	0.01276	0.013651
0.29	0.014283	0.010114	0.012461	0.013714
0.3	0.014351	0.010578	0.012182	0.013751
0.31	0.014393	0.011039	0.011936	0.013766
0.32	0.014412	0.011476	0.011731	0.013767

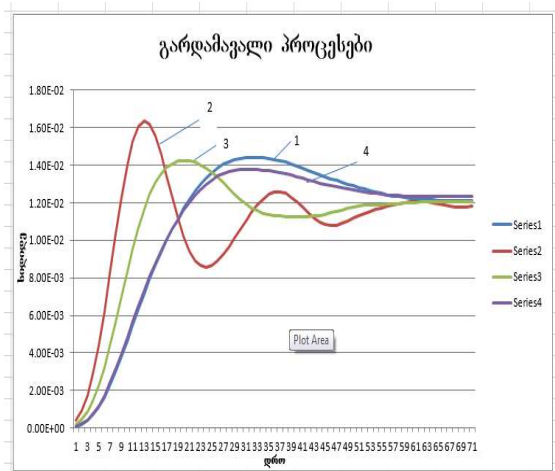
გაგრძელება

0.33	0.014413	0.011869	0.01157	0.013757
0.34	0.014398	0.012194	0.011452	0.013736
0.35	0.014366	0.01243	0.01137	0.013706
0.36	0.014319	0.012562	0.011318	0.013665
0.37	0.014255	0.012581	0.011285	0.013613
0.38	0.014175	0.012491	0.011265	0.013549
0.39	0.01408	0.012305	0.011252	0.013474
0.4	0.013973	0.012048	0.011246	0.013391
0.41	0.013858	0.011752	0.011248	0.013302
0.42	0.013738	0.011454	0.01126	0.013211
0.43	0.013618	0.011187	0.011286	0.013123
0.44	0.013501	0.010979	0.011328	0.013041
0.45	0.013388	0.010846	0.011386	0.012966
0.46	0.013282	0.010794	0.011458	0.012899
0.47	0.013182	0.010817	0.011538	0.01284
0.48	0.013086	0.0109	0.01162	0.012786
0.49	0.012994	0.011023	0.011698	0.012736
0.5	0.012904	0.011166	0.011766	0.012687
0.51	0.012816	0.01131	0.011819	0.012638
0.52	0.012729	0.011442	0.011857	0.012589
0.53	0.012644	0.011555	0.011882	0.012542
0.54	0.012563	0.01165	0.011896	0.012496
0.55	0.012489	0.01173	0.011906	0.012455
0.56	0.012422	0.0118	0.011916	0.01242
0.57	0.012363	0.011866	0.011929	0.012393
0.58	0.012315	0.011928	0.011949	0.012373
0.59	0.012275	0.011986	0.011973	0.012361
0.6	0.012243	0.012035	0.012	0.012355
0.61	0.012216	0.012067	0.012026	0.012353
0.62	0.012194	0.012078	0.012048	0.012352
0.63	0.012174	0.012064	0.012063	0.012351
0.64	0.012155	0.012026	0.012069	0.012349
0.65	0.012138	0.011968	0.012067	0.012345
0.66	0.012122	0.011901	0.012059	0.012341

გაგრძელება

0.67	0.012109	0.011836	0.01205	0.012338
0.68	0.0121	0.011787	0.012044	0.012337
0.69	0.012096	0.011762	0.012043	0.01234
0.7	0.012098	0.011768	0.012051	0.012347
0.71	0.012105	0.011804	0.012068	0.012359
მაქს. მნიშვნ.	1.44E-02	0.016379	0.014252	1.38E-02

მე-2 ცხრილში ასახულია გარდამავალი პროცესის რიცხვითი მნიშვნელობები. ცხრილის სვეტის (ნომრების) მონაცემები შეესაბამება გარდამავალი პროცესის გრაფიკების ნომრებს. თითოეული სვეტის ბოლოში მითითებულია მაქსიმალური გადახრის სიდიდე, ხოლო ბოლო სტრიქონის ბოლო უჯრედში მითითებულია მაქსიმალურ გადახრებს შორის უმცირესის მნიშვნელობა. ამრიგად, დამპროექტებელს აქვს სრული ინფორმაცია ოპტიმალური პარამეტრების ასარჩევად.



სურ. 3.

დასკვნა

ნაშრომში განხილულია წრფივი მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობის გაანგარიშების მეთოდი, კვადრატული ინტეგრალური კრიტერიუმის მიხედვით. სიახლეა ის, რომ ზემოთ მოყვანილი ამოცანა განხილულია, როგორც არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანა, ხოლო მრავალი ცვლადის, მრავალექსტრემუმიანი ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოსაძიებლად გამოყენებულია შემთხვევითი ძებნის მეთოდი. გამოყოფილია აგრეთვე მარტივ ავტომატურ სისტემათა კლასი, რომლებსაც აქვთ ერთექსტრემუმიანი მიზნის ფუნქცია. ასეთ შემთხვევაში დამტკიცებულია თეორემები და მოცემულია ანალიზურად ექსტრემუმის წერტილები. განილულია რიცხვითი მაგალითები. დამუშავებულია პროგრამები, რომელიც დაწერილია Visual Basic for Applikation სისტემის საფუძველზე. აგებულია შესაბამისი გარდამავალი პროცესების გრაფიკები.

დანართი 1

რეალური სიხშირული მახასიათებლის აგების პროგრამა

```
'realuri maxasiatebelis programa
Dim T1, T2, T3, T4, T01, T02, T03 As Single
Dim c0, c1, c2, c3, c4, c5, D, F, Om, U, q1, q2, k As Single
T1 = 8.7
T2 = 0.47
T3 = 200
T4 = 0.02
T01 = 0.1ამა
T02 = 0.02
T03 = 0.01
k = 200
l = 0
For Om = 0.1 To 50 Step 1
l = l + 1
c0 = k
c1 = 1+k * T2
c2 = T4 + T1 + T02 + T03
c3 = T1 * T4+T1*T02+T1*T03+T4*T02+T4*T03+T02*T03
c4 = T1 * T4 * T02 + T1 * T4 * T03 + T4 * T02 * T03 + T4 * T02 * T03
c5 = T1 * T4 * T02 * T03
D=c5*Om^5-c3*Om^3+c1*Om
F=c4*Om^4-c2*Om^2+c0
U=c0*(T2*Om*D+f)/(F^2+D^2)
Cells(1 + l, 2).Value = U
Cells(1 + l, 3).Value = Om
Next Om
```

გარდამავალი პროცესის გრაფიკის აგების პროგრამა (მე-2 ცხრილის ფორმირება)

```
'gardamavalis agebis programa
Dim T1, T2, T3, T4, T01, T02, T03 As Single
Dim c0, c1, c2, c3, c4, c5, D, F, Om, U, k As Single
Dim x, y, delta As Single
Dim l, j As Integer
T1 = 7.72
T2 = 0.325
T4 = 0.029
k = 214.5
T01 = 0.1
T02 = 0.02
T03 = 0.01
delta = 0.01
y = 0
l = 0
For t = 0.01 To 0.72 Step 0.01
l = l + 1
For Om = 0.1 To 50 Step 1
c0 = k
```

```

c1 = 1 + c0 * T2
c2 = T4 + T1 + T02 + T03
c3 = T1 * T4 + T1 * T02 + T1 * T03 + T4 * T02 + T4 * T03 + T02 * T03
c4 = T1 * T4 * T02 + T1 * T4 * T03 + T4 * T02 * T03 + T4 * T02 * T03
c5 = T1 * T4 * T02 * T03
D = c5 * Om^5 - c3 * Om^3 + c1 * Om
F = c4 * Om^4 - c2 * Om^2 + c0
U = c0 * (T2 * Om * D + F) / (F^2 + D^2)
x = U / Om * sin(Om * t)
y = y + x
Next Om
y = 2 / 3.14 * delta * y
Cells(1 + l, 2).Value = y
Cells(1 + l, 4).Value = t
Next t

```

მაკორექტირებელი მოწყობილობის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშების პროგრამა (პირველი ცხრილის ფორმირება)

```

Private Sub Command1_Click()
' makoreqtirebeli mowyobilobis parametrebis optim. mniShv.gaangariSebis programa
' SemTxveviTi Zebnis meTodiT
Dim T1, T2, T3, T4, Om, q11, q12, q21, q22, q31, q32, q41, q42, b0, b1, b2, b3, b4, b5 As Single
Dim c0, c1, c2, c3, c4, c5, m0, m1, m2, m3, m4, d, lmin, lo As Single
Dim AA(4), BB(4), XM(4), X(4), g(8) As Single
Dim N, ll, k, kk, J, M As Integer
Dim q1, q2, q3, q4 As Single
T1 = 0.1
T2 = 0.02
T3 = 0.01
s = 250
N = 4
M = 8
kk = 1
lmin = 300
q11 = 2.27
q12 = 10
q21 = 0.125
q22 = 0.5
q31 = 200
q32 = 225
q41 = 0.02
q42 = 0.03
AA(1) = q11
BB(1) = q12
AA(2) = q21
BB(2) = q22
AA(3) = q31
BB(3) = q32
AA(4) = q41
BB(4) = q42
'Randomize

```

```

For J = 1 To s
For I = 1 To N
X(i) = AA(i) + (BB(i) – AA(i)) * Rnd
Next i
g(1) = X(1) – q11
g(2) = q12 – X(1)
g(3) = X(2) – q21
g(4) = q22 – X(2)
g(5) = X(3) – q31
g(6) = q32 – X(3)
g(7) = X(4) – q41
g(8) = q42 – X(4)
II = 0
For k = 1 To M
If g(k) >= 0 Then II = II + 1
Next k
If II = M Then
q1 = X(1)
q2 = X(2)
q3 = X(3)
q4 = X(4)
b0 = 1
b1 = q1 + q4 + T2 + T3
b2 = q1 * q4 + q1 * T2 + q1 * T3 + q4 * T2 + q4 * T3 + T2 * T3
b3 = q1 * q4 * T2 + q1 * q4 * T3 + q1 * T2 * T3 + q4 * T2 * T3
b4 = q1 * q4 * T2 * T3
c0 = q3
c1 = 1 + q3 * q2
c2 = q1 + q4 + T2 + T3
c3 = q1 * q4 + q1 * T2 + q1 * T3 + q4 * T2 + q4 * T3 + T2 * T3
c4 = q1 * q4 * T2 + q1 * q4 * T3 + q1 * T2 * T3 + q4 * T2 * T3
c5 = q1 * q2 * T2 * T3
m1 = -c0 * c3 + c1 * c2
m0 = (c3 * m1 – c1 * m2) / c5
m2 = -c0 * c5 + c1 * c4
m3 = (c2 * m2 – c4 * m1) / c0
m4 = (c2 * m3 – c4 * m2) / c0
d = c0 * (c1 * m4 – c3 * m3 + c5 * m4)
lo = 0.5 * ((b4 ^ 2 * m0 + (b3 ^ 2 + 2 * b2 * b4) * m1 + (b2 ^ 2 – 2 * b1 * b3 + 2 * b0 * b4) * m2 + _
(b1 ^ 2 – 2 * b1 * b2) * m3 + b0 ^ 2 * m4)) / d
lo = Abs(lo)
If lo <= Imin Then
Imin = lo
For I = 1 To N
XM(i) = X(i)
Next i
Print “lo=”; Imin; “T1=”; X(1); “T2=”; X(2); “k=”; X(3); “T4=”; X(4)
Else
End If
End If
Next J
End Sub

```

ლიტერატურა

1. V. Lazarev, E. Travina. Synthesis and Calculation of Automatic Control Systems. ITMO University, St. Petersburg, 2018. (In Russian);
 2. I. Iboduauli. Solving Problems of Synthesis of Control Systems by the Method of Variational Genetic Programming. Abstract of Dissertation, Moscow: 2014. (In Russian);
 3. J.L.K. Newton, L. Gould, J. Kaiser. Theory of Linear Systems (Analytical Methods of Calculation) Fizmat Iz. Moscow: 1961. (In Russian);
 4. Theory of Automatic Control. Edited by Netushil. Textbook for universities. Ed. 2nd rev. M.: 1976. (In English);
 5. V. Gemin, B. Kagan. Optimal design methods. M.: "Energy", 1980. (In Russian);
 6. V. Demidovich, I. Maron. Fundamentals of Computational Mathematics, Moscow: "Science", 1970. (In Russian).
-

UDC 513.21

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-55-74>

Determination of the Optimal Values of the Parameters of Linear Corrective Devices of the Automatic Control System by the Integral Quadratic Criterion

Badri Gvasalia

Department of Computer-aided Design of Construction, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str.
E-mail: b.gvasalia@gtu.ge

Reviewers:

N. Lominadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: n.lominadze@gtu.ge

M. Kublashvili, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: m.kublashvili@gtu.ge

Abstract. When designing an automatic control system (ACS), it is important to determine the optimal values of the parameters of the correcting device according to any of the criteria.

Recently, more and more publications have appeared on the use of the method of nonlinear mathematical programming for solving problems of synthesis of an automated control system.

The article discusses a method for determining the optimal parameters of linear correcting devices according to the quadratic integral criterion. The novelty is the presentation of the above mentioned problem in the form of a nonlinear mathematical programming problem. To find a multiparametric, multiextremal, i.e. complex, objective function, a random search method is used.

Also, a class of automatic control systems having one extreme objective function is highlighted. For this case, the theorems are proved, and the formula for determining extreme points is given in an analytical form. Numerical examples are also considered. Programs have been developed for implementing the corresponding algorithms on a computer in VBA language. The graphs of the corresponding transients are given.

Key words: automatic control system; integral quadratic criteria; linear corrective device; optimal transient process.

UDC 513.21

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-55-74>

Определение оптимальных значений параметров линейных корректирующих устройств системы автоматического управления по интегральному квадратичному критерию

Бадри Гвасалия Департамент компьютерного проектирования строительства, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси ул. М. Костава, 68^б
E-mail: b.gvasalia@gtu.ge

Рецензенты:

Н. Ломинадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: n.lominadze@gtu.ge

М. Кублашвили, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: m.kublashvili@gtu.ge

Аннотация. При проектировании системы автоматического управления (АСУ) важно определить оптимальные значения параметров корректирующего устройства по любому из критериев.

В последнее время появляется все больше публикаций об использовании метода нелинейного математического программирования для решения задач синтеза автоматизированной системы управления.

В статье рассматривается метод определения оптимальных параметров линейных корректирующих устройств по квадратичному интегральному критерию. Новизной является представление выше указанной задачи в виде задачи нелинейного математического программирования. Для нахождения многопараметрической, многоэкстремальной, т.е сложной, целевой функции использован метод случайного поиска.

Также, выделен класс систем автоматического управления, чья целевая функция имеет один экстремум. Для данного случая доказана справедливость теорем, а формула определения экстремальных точек приведена в аналитическом виде. Рассмотрены также численные примеры. Разработаны программы для реализации соответствующих алгоритмов на компьютерном языке VBA. Приведены графики соответствующих переходных процессов.

Ключевые слова: интегральный квадратичный критерии; линейное корректирующее устройство; оптимальный переходный процесс; система автоматического управления.

განხილვის თარიღი 03.07.2020

შემოსვლის თარიღი 28.09.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 62-52

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-75-97>

პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშება ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის მინიმუმის მიხედვით და გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტის მნიშვნელობის გათვალისწინებით

ბადრი გვასალია მშენებლობის კომპიუტერული დაპროექტების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: Gvasaliabadri01@gtu.ge

რეცენზენტები:

კ. ოდიშარია. სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
O_korneli@yahoo.com

ე. აბრამიძე. სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
Edisoni.abramidze@mail.ru

ანოტაცია. მრავალ პრაქტიკულ შემთხვევაში, როდესაც ინტეგრალური კრიტერიუმი დებულობს მინიმალურ მნიშვნელობას, სისტემის გარდამავალ პროცესს ახასიათებს საკმაოდ დიდი რხევები, რაც სხვადასხვა ტექნიკური მოსაზრებიდან გამომდინარე მიუღებელია. ამიტომ მიზანშეწონილია ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის გამოყენება არა იზოლირებულად, არამედ გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტთან ერთობლიობაში. აღნიშნული კოეფიციენტის შემოტანის აუცილებლობას ამოცანა გადაწყავს ოპტიმიზაციის მრავალკრიტერიუმიან ამოცანაში.

სტატიაში განხილულია PI (Proportional-Integral Regulator) რეგულატორის პარამეტრების ოპტი-

მალური მნიშვნელობის გაანგარიშების ამოცანა ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის მიხედვით და გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტის სასურველი მნიშვნელობის გათვალისწინებით. ნაშრომში გამოყენებულია გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზური სიხშირული მახასიათებელი PI რეგულატორის საანგარიშო ფორმულების გამოსათვლელად, ხოლო კვადრატული ინტეგრალური კრიტერიუმის მინიმალური მნიშვნელობის საანგარიშოდ გამოყენებულია შემთხვევითი ძებნის მეთოდი. მოყვანილია რიცხვითი მაგალითი და ილუსტრირებულია სხვადასხვა გარდამავალი პროცესი. დამუშავებულია კომპიუტერული პროგრამები VBA პროგრამული საშუალების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატური მართვის სისტემის სინთეზი; პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორი; ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმი; ოპტიმალური პარამეტრები.

შესავალი

განსაკუთრებულად უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის არ არსებობს ერთიანი შეხედულება იმაზე, თუ გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის β კოეფიციენტის რომელი მნიშვნელობა არის ოპტიმალური [1], გარკვევით შეიძლება ითქვას მხოლოდ ის, რომ გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის ხარისხის კოეფიციენტის მნიშვნელობა იქნება $0 < \beta < 1$ შუალედში, რაც დადასტურებულია მრავალი ათეული ცდის ჩატარების შედეგად ანალოგურ კომპიუტერებზე.

ქვემოთ მოცემულია მცდელობა ამ საკითხების გადასაჭრელად. ეს შესაძლებელია თუ ავტომატური მართვის სისტემის სინთეზის ამოცანას წარმოვადგენთ არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანად და ამ საკითხების გადასაწყვეტად გამოვიყენებთ საპროექტო პარამეტრების ძიების სტოქსტიკურ მეთოდებს [2,3].

ამოცანის დასმისათვის საჭირო წინაპირობები

გავაკეთოთ მცირე ექსკურსი ავტომატური მართვის თეორიაში [4] და განვიხილოთ თუ რას ნიშნავს გარდამავალი პროცესის ჩაქრობის კოეფიციენტი (β ან m) და გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი.

რხევის ჩაქრობის β კოეფიციენტი ახასიათებს გარდამავალი პროცესის რხევითი შემადგენლის ჩაქრობის ხარისხს. იგი რიცხობრივად ტოლია უმ-

ცირესი კომპლექსური ფესვის ნამდვილი ნაწილისა და წარმოსახვითი ნაწილის კოეფიციენტის შეფარდების აბსოლუტური მნიშვნელობის.

ავხსნათ ეს. ავტომატური მართვის სისტემის ამსახველ დიფერენციალური განტოლების ამონახსნს აქვს სახე:

$$y(t) = \sum_{k=1}^n A_k e^{p_k t} . \quad (1)$$

გარდამავალი პროცესის რხევის ხასიათი დამოკიდებულია მახასიათებელი განტოლების p_k ფესვზე. p_k ფესვს აქვს შემდეგი სახის შეზღუდვა:

$$p_k = -m\omega + i\omega , \quad (2)$$

სადაც m დადებითი რიცხვია. ამ ფესვს შეესაბამება გარდამავალი პროცესის რხევითი შემადგენელი, რომელსაც აქვს სახე:

$$y_k(t) = A_k e^{-m\omega t} \cos(\omega t) , \quad (3)$$

სადაც ω რხევის სიხშირეა. მაშინ t_i მომენტში, როდესაც, მაგალითად $\omega t = k\pi$ (k მთელი რიცხვია). მაშინ $y(t)$ სიდიდის რხევის ამპლიტუდას ექნება შემდეგი სახე:

$$A_i = A_k e^{-mk\pi} , \quad (4)$$

ხოლო t_{i+2} მომენტში, რაც შეესაბამება $\omega_{i+2} = k\pi + 2\pi$, A_{i+2} ამპლიტუდა ტოლი იქნება

$$A_{i+2} = A_k e^{-m(k\pi+2\pi)} . \quad (5)$$

რხევის ჩაქრობის β ხარისხი ეწოდება გარდამავალი პროცესის ყველაზე სუსტად ჩაქრობადი შემადგენლის ორი მეზობელი დადებითი ამპლიტუდის სხვაობის შეფარდებას პირველ მეზობელ ამპლიტუდასთან, რაც შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\beta = \frac{(\sigma_{\max})_i - (\sigma_{\max})_{i+2}}{(\sigma_{\max})_i} = 1 - \frac{(\sigma_{\max})_{i+2}}{(\sigma_{\max})_i} . \quad (6)$$

აქედან ჩანს, რომ ჩაქრობის ხარისხის β კოეფიციენტი ტოლია ნულის იმ შემთხვევაში, თუ $(i+2)$ ამპლიტუდა $(\sigma_{\max})_{i+2}$ ტოლია i -ური $(\sigma_{\max})_i$ ამპლიტუდის, ე.ი. როცა პროცესი არაჩაქრობადია.

β კოეფიციენტი ტოლია ერთის იმ შემთხვევაში, თუ $(i+2)$ ამპლიტუდა $(\sigma_{\max})_{i+2}$ ტოლია ნულის, რაც შეესაბამება გარდამავალი პროცესის აპერიოდულ ფორმას.

მაშასადამე, გარდამავალი პროცესის ჩაქრობის ხარისხის კოეფიციენტის ყველა საშუალებო მნიშვნელობა იქნება $0 < \beta < 1$ შუალედში. შესაბამისად,

ზემოთ მოყვანილი ფორმულირების გარდამავალი პროცესის ხარისხის კოეფიციენტი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\beta = 1 - \frac{A_{i+2}}{A_i} = 1 - \frac{A_k e^{-m(k\pi+2\pi)}}{A_k e^{-mk\pi}} = 1 - e^{-2\pi m} \quad (7)$$

სადაც $2\pi m$ არის რხევის ჩაქრობის ლოგარითმული დეკრემენტი.

ჩაქრობის ხარისხის სხვადასხვა მნიშვნელობას, რა თქმა უნდა, შეესაბამება m -ის სხვადასხვა მნიშვნელობა, რომელიც შეიძლება დავითვალოთ კომპიუტერის საშუალებით და წარმოვადგინოთ პირველი ცხრილის სახით:

ცხრილი 1

β	0.000	0.300	0.450	0.600	0.700	0.900	1.000
m	0.000	0.057	0.095	0.145	0.221	0.366	∞

ამრიგად, კოეფიციენტის ზემოთ აღნიშნულ ფარგლებში ცვლილება არის კიდევ ერთი პირობა, რათა ამოცანა დავიყვანოთ არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანამდე. ასეთი მიდგომები აღნიშნული ტიპის ამოცანებისათვის ნაწილობრივ აღწერილია აგრეთვე [4,5].

ახლა განვიხილოთ თუ რას წარმოადგენს გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი.

თუ სისტემის გადაცემის ფუნქციაში ჩავსვამთ $p = -m\omega + i\omega$, მაშინ მივიღებთ გაფართოებულ ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირულ მახასიათებელს და იგი აღინიშნება ასე: $W(m, i\omega)^*$.

თუ $m=0$, მაშინ ნათელია, რომ გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებელი დაემთხვევა ნორმალურ ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხ-

შირულ მახასიათებელს – $W(i\omega)$.

როდესაც p_k ფესვზე დადებულია შეზღუდვა $p_k = -m\omega + i\omega$, ეს ნიშნავს, რომ მოცემულია პირობა, კერძოდ განტოლების ფესვები უნდა მდებარეობდეს ჩაქრობის β კოეფიციენტს შეზღუდულ ზონაში.

ანრიგად, გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზურ-სიხშირული მახასიათებლის მიხედვით შესაძლებელია გამოვითვალოთ ავტომატური მართვის სისტემის პარამეტრები, გარდამავალი პროცესის რხევების მოცემული ჩაქრობის ხარისხის კოეფიციენტის გათვალისწინებით. ეს ნიშნავს, ავგოთ სიბრტყეზე რეგულატორის პარამეტრების გაწყობის მრუდე წირი, რომლის გასწვრივ არჩეული რეგულატორის პარამეტრები უზრუნველყოფს რხევის β კოეფიციენტის მუდმივობას.

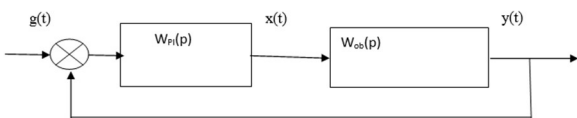
ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ ავტომატური მართვის სისტემა (სურ. 1), რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული $W_{p,i}(p)$ პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორისა და $W_{ob}(p)$ ობიექტისაგან, რომელთა გადაცემის ფუნქციებს შესაბამისად აქვს ქვემოთ მოყვანილი სახე:

$$W_{p,i} = \frac{(q_0 + q_1 p)k}{p}, \quad (8)$$

$$W_{ob}(p) = \frac{k}{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}, \quad (9)$$

სადაც q_0 და q_1 არის რეგულატორის საძებნი პარამეტრები, ხოლო b_0, b_1, b_2, k – ობიექტის ცნობილი პარამეტრები.



სურ. 1

გახსნილი სისტემის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$W_{op}(p) = W_{p,i}(p) \cdot W_{ob}(p) = \frac{(q_0 + q_1 p)k}{p(b_2 p^2 + b_1 p + b_0)}. \quad (10)$$

შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქციას აქვს სახე:

$$W_{cl}(p) = \frac{W_{op}(p)}{1 + W_{op}(p)} = \frac{(q_0 + q_1 p)k}{p(b_2 p^2 + b_1 p + b_0) + (q_0 + q_1 p)k}. \quad (11)$$

შეკრული სისტემის დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$b_2 y(t)'' + b_1 y(t)' + (b_0 + q_1 k)y(t) + kq_0 y(t) = kq_0 g(t) + kq_1 g(t)', \quad (12)$$

სადაც $g(t)$ და $y(t)$ შემავალი და გამომავალი სიდიდეებია შესაბამისად.

(12) განტოლების მახასიათებელ განტოლებას აქვს სახე:

$$b_2 p^3 + b_1 p^2 + (b_0 + q_1 k)p + kq_0 = 0. \quad (13)$$

ვიგულისხმობთ, რომ მახასიათებელ განტოლებას აქვს ერთი უარყოფითი ნამდვილი ფესვი ($-\alpha$) და წყვილი (შეუღლებული) კომპლექსური ფესვი $p_k = -m + i\omega$ უარყოფითი ნამდვილი ნაწილით. ჩავწეროთ განტოლება (13), როგორც თანამამრავლთა ნამრავლი, გვექნება:

$$b_2 p^3 + b_1 p^2 + (b_0 + q_1 k)p + kq_0 = b_2 (p + \alpha)(p + m + i\omega)(p + m - i\omega). \quad (14)$$

თანამამრავლთა გადამრავლებისა და მსგავს წევრთა დალაგების შემდეგ გვექნება:

$$\begin{aligned} b_2 p^3 + b_1 p^2 + (b_0 + q_1 k)p + kq_0 &= \\ &= b_2 (p + \alpha)(p + m + i\omega)(p + m - i\omega) = \\ &= b_2 p^3 + b_2 (2m + \alpha)p^2 + \\ &+ b_2 (m^2 \omega^2 + 2m\alpha + \omega^2)p + \\ &+ b_2 (\alpha m^2 \omega^2 + \omega^2 \alpha). \end{aligned} \quad (15)$$

ამ უკანასკნელი განტოლებიდან პოლინომთა თვისების თანახმად: ორი პოლინომი ტოლია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა ტოლია უცნობთა ტოლი ხარისხის წინ მდგომი კოეფიციენტები, ამიტომ შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} b_1 &= b_2(2m\omega + \alpha) \\ b_0 + kq_1 &= b_2(m^2\omega^2 + 2m\omega\alpha + \alpha^2) . \\ kq_0 &= b_2(\alpha m^2\omega^2 + \omega^2\alpha). \end{aligned} \quad (16)$$

(16) ფორმულებიდან შეგვიძლია გავიგოთ q_0 და q_1 პარამეტრების მნიშვნელობა, გვექნება:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{b_1}{b_2} - 2m\omega \\ q_0 &= \frac{1}{k}(m^2 + 1)(b_1 - 2b_2m\omega)\omega^2 \\ q_1 &= \frac{1}{k}(b_2\omega^2 + 2mb_1\omega - 3b_2m^2\omega^2 - b_0). \end{aligned} \quad (17)$$

(17) სისტემის ორი უკანასკნელი განტოლება იძლევა საშუალებას პარამეტრულ ფორმაში ავაგოთ $q_0 = f(q_1)$ მრუდი (სურ. 2). ამ მრუდს ეწოდება რხევითი პროცესის რხევის კოეფიციენტის ერთნაირი მნიშვნელობის მრუდი. თუ q_0 და q_1 პარამეტრები არჩეული იქნება ამ მრუდის გასწვრივ, მაშინ უზრუნველყოფილი იქნება β -ს მუდმივობა. თუ ჩვენ m -ს მივცემთ სხვადასხვა მნიშვნელობას, მაშინ შეგვიძლია ავაგოთ მრუდების $q_0 = f(q_1)$ ოჯახი ω -ს ნულიდან უსასრულობამდე ცვლილებისას. მაგრამ სისტემის მდგრადობის პირობიდან გამომდინარე, ზღვრული სიხშირეები იქნება სიხშირეები, რომლის დროსაც $q_0 = \max$ და $q_0 = 0$. გამოვითვალოთ ეს სიხშირეები. ამისათვის გავაწარმოთ (17) სისტემის მეორე განტოლება და გავუტოლოთ ის ნულს,

მაშასადამე გაქვს: $\frac{1}{k}(m^2 + 1)(2b_1\omega - 6b_2m\omega^2) = 0$, საიდანაც: $\omega = \frac{b_1}{3b_2m}$.

დავუბრუნდეთ (17) გამოსახულებას და გამოვიკვლიოთ რა ფარგლებში არის საინტერესო ω -ს

ცვლილება. რეკომენდაციების თანახმად [1,2] საშუალო სიხშირე, რომელიც შეესაბამება რეგულატორის q_0 და q_1 პარამეტრების ოპტიმალურ მნიშვნელობას ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმის თვალსაზრისით მეტია $\omega_m = \frac{b_1}{3b_2m}$ სიხშირეზე, რომელიც შეესაბამება q_0 მაქსიმალურ მნიშვნელობას და $\omega_0 = \frac{b_1}{2b_2m}$ ნაკლებია სიხშირეზე, რომელიც შეესაბამება შემთხვევას, როდესაც $q_0 = 0$.

მართლაც, თუ გავაწარმოებთ (17) გამოსახულების მეორე განტოლებას ω -ს მიხედვით და გავუტოლებთ ნულს, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \left[\frac{1}{k}(m^2 + 1)(b_1\omega^2 - 2b_2\omega^3m) \right]' &= \\ = 2b_1\omega - 6b_2\omega^2 &= \omega(2b_1 - 3b_2m\omega) = 0. \end{aligned}$$

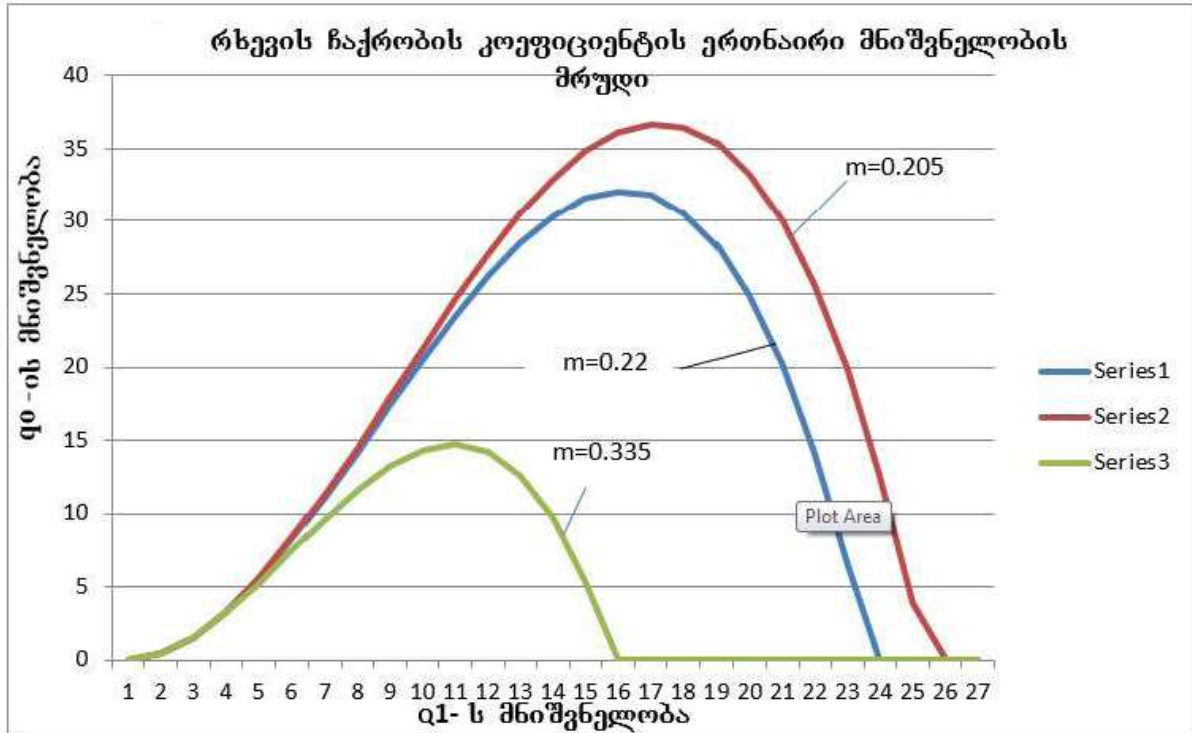
ამ უკანასკნელი გამოსახულებიდან შესაძლებელია გავიგოთ, რომ $\omega = \omega_{\max} = \frac{b_1}{3b_2m}$, ხოლო (17) განტოლებათა სისტემის მეორე განტოლების 0-თან ტოლობის შემთხვევაში გავიგებთ, რომ $\omega_0 = \frac{b_1}{2b_2m}$. ყოველივე ამის შემდეგ საჭიროა ავაგოთ $q_0 = f(q_1)$ დამოკიდებულება. ამისათვის ჩავსვათ ω -ს მნიშვნელობა დაწყებული 0-დან $\frac{b_1}{2b_2m}$ -მდე, ე.ი. მანამ სანამ $q_0 = 0$.

ახლა საჭიროა ავაგოთ $q_0 = f(q_1)$ დამოკიდებულება პარამეტრების შემდეგი მნიშვნელობებისათვის, რომელიც ცნობილი იქნება მოგვიანებით:

$$I_{0 \min}^{(\min)} = 8.40432E(-05), m = 0.205, (\beta = 0.724013), \omega = 23.636558, q_0 = 0.719565, q_1 = 2.300645;$$

$$I_{0 \min}^{(\text{Average})} = 0.010936472, m = 0.22, (\beta = 0.748824), \omega = 21.8877, q_0 = 0.7421, q_1 = 1.983277;$$

$$I_{0 \min}^{(\max)} = 0.013782417, m = 0.335, (\beta = 0.878008), \omega = 13.78847, q_0 = 0.644297, q_1 = 0.833981.$$



სურ. 2

ამოცანის დასმა და ამოხსნის მეთოდი

ზემოთ მოყვანილი ფაქტების შემდეგ ამოცანა შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგნაირად:

ვთქვათ, მოცემულია ავტომატური მართვის სისტემა, რომელიც შედგება მიმდევრობით შეერთებული PI რეგულატორისა და $W_{ob}(p)$ ობიექტისაგან, რომელთა გადაცემის ფუნქციები შესაბამისად არის (8) და (9). იმავდროულად მოცემულია შემდეგი შეზღუდვები:

$$\frac{b_1}{3b_2m} \leq \omega \leq \frac{b_1}{2b_2m},$$

$$\alpha = \frac{b_1}{b_2} - 2m\omega,$$

$$q_0 = \frac{1}{k}(m^2 + 1)(b_1 - 2b_2m\omega)\omega^2 \geq 0, \quad (18)$$

$$q_1 = \frac{1}{k}(b_2\omega^2 + 2mb_1\omega - 3b_2m^2\omega^2 - b_0) \geq 0,$$

$$q_0 = f(q_1).$$

მოითხოვება ვიპოვოთ ინტეგრალური კვადრატული I_0 კრიტერიუმის მინიმალური მნიშვნელობა და გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის β კოეფიციენტის (ან m -ის) ყველაზე მეტად მიზანშე-

წონილი მნიშვნელობა მოცემული მომენტისათვის. აგრეთვე რეგულატორის პარამეტრების q_0 -სა და q_1 -ის შესაბამისი მნიშვნელობები, რომლებიც უზრუნველყოფს I_0 -ის მინიმალურ და m -ის (ან β -ს) რეკომენდებული მნიშვნელობების მიღებას.

მიზნის ფუნქციად გამოიყენება ინტეგრალური კვადრატული კრიტერიუმი, რომელსაც აქვს სახე:

$$I_0 = \int_0^{\infty} y^2(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |Y_{m,n}(i\omega)|^2 d\omega, \quad (19)$$

სადაც $Y_{m,n}(p)$ არის შეკრული სისტემის გამოსავალზე გარდამავალი შემადგენლის ამპლიტუდური სპექტრი.

სისტემის გარდამავალი ფუნქციის შემთხვევაში ეს ფუნქცია ასე გამოისახება:

$$y(t) = y_{st}(t) - y(t),$$

ხოლო
$$Y_{m,n}(p) = \frac{W_{cl}(0) - W_{cl}(p)}{p}, \quad (20)$$

სადაც $W_{cl}(p)$ შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქციაა. იმ შემთხვევაში, როდესაც წილად-რაციონალური ფუნქციაა, მაშინ მისი გამოთვლის ფორმულები ცნობილია [3] და თან ერთვის, დანართის სახით, ავტომატური მართვის თეორიისადმი მიძღვნილი წიგნების უმრავლესობას.

ჩვენს შემთხვევაში თუ გამოვიყენებთ (11) ფორმულას, მაშინ $Y_{m,n}(p)$ -სათვის გვექნება:

$$\begin{aligned} Y_{m,n}(p) &= \frac{1}{p} [W_{cl}(0) - W_{cl}(p)] = \\ &= \frac{1}{p} \left[1 - \frac{(q_0 + q_1 p)k}{p(b_2 p^2 + b_1 p + b_0) + (q_0 + q_1 p)k} \right] = \\ &= \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{b_2 p^3 + b_1 p^2 + (b_0 + q_1 k)p + q_0 k}. \end{aligned}$$

სათანადო გარდაქმნის შემდეგ ეს უკანასკნელი ფორმულა საბოლოოდ ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$Y_{m,n}(p) = \frac{b p^2 + b_1 p + b_0}{c_3 p^3 + c_2 p^2 + c_1 p + c_0}, \quad (21)$$

სადაც
$$\begin{aligned} c_3 &= b_2, \\ c_2 &= b_1, \\ c_1 &= b_0 + q_1 k, \\ c_0 &= q_0 k. \end{aligned} \quad (22)$$

ამ შემთხვევაში (21) გამოსახულების მრიცხველში მდგომი პოლინომის რიგი არის 2-ის ტოლი, ხოლო მნიშვნელში მდგომი პოლინომის რიგი ტოლია 3-ის, ამიტომ თანახმად [2] მიზნის ფუნქციის გამოსახულებას ექნება სახე:

$$I_0 = \frac{b^2 c_0 c_1 + (b_1^2 - 2b_0 b_2) c_0 c_3 + b_0^2 c_2 c_3}{2c_0 c_3 (-c_0 c_3 + c_1 c_2)}. \quad (23)$$

გადავიდეთ მაგალითზე, ამისათვის ჩავსვათ რიცხვითი მნიშვნელობები ($b_0 = 20$, $b_1 = 1$, $b_2 = 0.1$, $k = 25$) ძირითად ფორმულებში და გამოვივლოთ I_0 -ის მინიმალური მნიშვნელობები m -ის თითოეული ფიქსირებული მნიშვნელობისათვის და ომეგას ცვლილებისას ზემოთ მოყვანილ შუალედებში და აგრეთვე შესაბამისი საპროექტო პარამეტრებიც, როგორცაა q_0 და q_1 . ალგორითმი მუშაობს შემდეგნაირად:

1. მუშაობის დასაწყისშივე განისაზღვრება ყველა საწყისი მონაცემი. აქ იგულისხმება არა მარტო ის მონაცემები, რომლებსაც ითვალისწინებს პროექტი, არამედ ისიც, რომლებიც საჭიროა კომპიუტერული გამოთვლების ჩასატარებლად, მაგალითად სტატისტიკური ცდების რაოდენობა, შეზღუდვათა M და N ცვლადების რაოდენობა. საწყის მომენტში მიზნის

ფუნქციის მნიშვნელობის შესადარებელი თეორიულად შესაძლო დიდი რიცხვის $I_{0\min}$ სიდიდე.

2. სტატისტიკური ცდების ჩატარების პროცესის დაწყება, რომლის დროსაც შემთხვევითი რიცხვების გენერატორის მიერ გამომუშავდება რიცხვები, რომლებიც შემდეგ შესაბამისი ალგორითმის საშუალებით და შეზღუდვათა გათვალისწინებით ფორმირდება, როგორც საპროექტო პარამეტრების მიმდინარე მნიშვნელობები.

3. წინასწარ მოცემული პირობის შესაბამისად მოწმდება ყველა შეზღუდვა. თუ შეზღუდვებზე დადებული ყველა პირობა ერთდროულად შესრუდება, მაშინ მართვა გადაეცემა მოდერნო მე-4 ეტაპის შესრულებას, წინააღმდეგ შემთხვევაში, მართვა გადაეცემა მე-2 ეტაპის შესრულებას და აირჩევა საპროექტო პარამეტრების ახალი მნიშვნელობები.

4. გამოითვლება მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა და შედარდება წინასწარ მოცემულ დიდ რიცხვს. თუ მიზნის ფუნქციის მნიშვნელობა ნაკლები იქნება ამ რიცხვზე, მაშინ ამ რიცხვს მიენიჭება მიზნის

ფუნქციის გამოთვლილი მნიშვნელობა და შეინახება სათანადო პარამეტრებთან ერთად, შემდეგ გამოთვლებისათვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მართვა გადაეცემა მე-2 ეტაპის შესრულებას და გაგრძელდება ციკლური პროცესი შემთხვევითი რიცხვების ახალი მნიშვნელობებისათვის. ეს ციკლური გამოთვლები გაგრძელდება მანამ, სანამ არ ჩატარდება ყველა s ცდა. შედეგად მივიღებთ მიზნის ფუნქციის მინიმალურ მნიშვნელობას და რეგულატორის პარამეტრების იმ მნიშვნელობებს, რომლებიც უზრუნველყოფს მიზნის ფუნქციის ოპტიმალურ მნიშვნელობას.

5. შენიშვნა. განიხილება ორი შემთხვევა: პირველი, როდესაც m იქნება ფიქსირებული (ე.ი. m -ს ექნება მხოლოდ ერთი მნიშვნელობა), მაშინ გამოითვლება არა მარტო I_0 -ის ოპტიმალური მნიშვნელობა, არამედ ოპტიმალურთან ახლოს მდგომი სხვა მნიშვნელობებიც და ყველა სხვა საჭირო (მაგალითად, $\omega, q_0, q_1, m, \psi$) პარამეტრებიც, იხილეთ მე-2 ცხრილი.

ცხრილი 2

I_0	ω	q_0	q_1	m	β
7.584121789E-02	13.460435341	0.7911609485	0.801473368	0.335	0.761598726
9.892724455E-03	13.804677069	0.6366017043	0.835602362	0.335	0.761598726
3.330686415E-03	13.856777163	0.6115971389	0.840822486	0.335	0.761598726
1.734377745E-03	13.850722695	0.6145247229	0.840215124	0.335	0.761598726
6.696982415E-04	13.841486051	0.6189804412	0.839288913	0.335	0.761598726

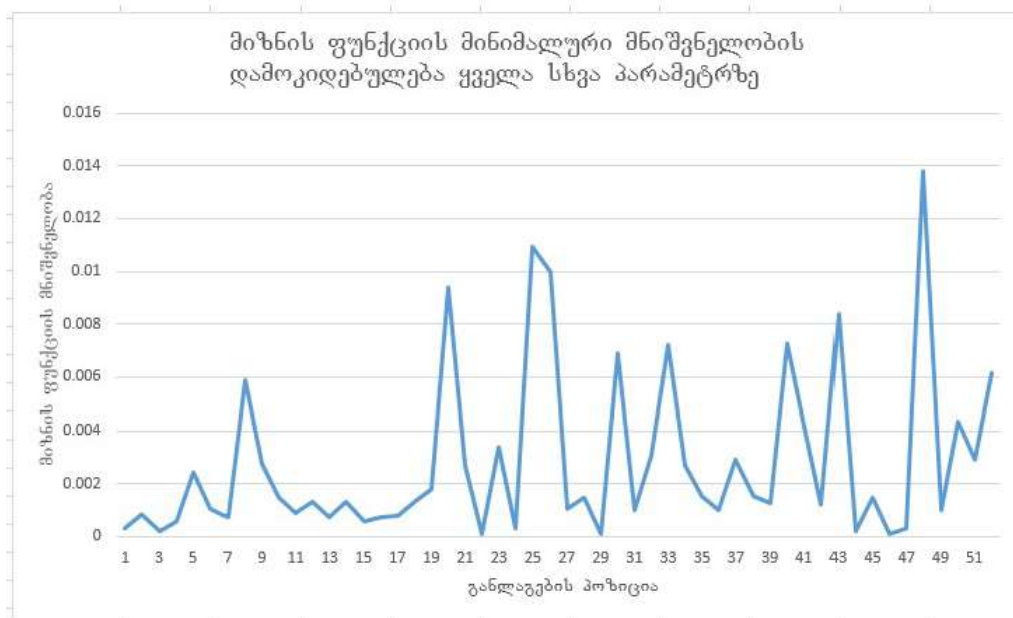
მეორე შემთხვევა, როდესაც განიხილება ω -ს ცვლილება დასაშვებ არეში და თითოეული ω -სათვის გამოითვლება I_0 -ის მხოლოდ ოპტიმალური მნიშვნელობები შესაბამისი პარამეტრებით, ყველა ეს შედეგი მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ მე-3

ცხრილში და შესაბამისად აგებულია სურ. 3. ამავე ცხრილის მიხედვით.

მაგალითად, I_0 (1) მნიშვნელობა შეესაბამება $m(1)$ -ის პირველ მნიშვნელობას, $I_0(2)$ მეორე მნიშვნელობა შეესაბამება $m(2)$ -ის მეორე მნიშვნელობას,

ხოლო $I_0(3)$ მესამე მნიშვნელობა $m(3)$ -ის მესამე რხევის ჩაქრობის m კოეფიციენტის სხვადასხვა, მნიშვნელობას და ა.შ. მაგრამ ფიქსირებული მნიშვნელობებისათვის

მე-2 სურ-ზე მოცემული გრაფიკი აგებულია (ცხრილი 3, პოზიცია 22,25 და 48).



სურ. 3

შესაბამისად მე-3 ცხრილის მეორე სვეტში მივიღებთ $I_0(n)$ -ის მასივს, ხოლო ცხრილის ბოლოს წინა სვეტში $m(n)$ მასივს, მე-3 ცხრილის ბოლო სვეტში კი $\beta(n)$ -ის მასივს. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ I_0 -თან ერთად ცხრილის იმავე სტრიქონში, გარდა ზემოთ აღნიშნული პარამეტრებისა, იბეჭდება ω, q_0, q_2 მნიშვნელობები, რომლებიც I_0 მიზნის ფუნქციას ანიჭებენ მინიმალურ მნიშვნელობას m -ის ფიქსირებული მნიშვნელობის დროს.

ყოველივე ამის შემდეგ შედეგები გადაეცემა VBA პროგრამის Excel-ის ფაილს და ფორმირდება მე-3 ცხრილის სახით. Excel-ის პროგრამის შესაბამისი ფუნქციის, კერძოდ, MIN(MAX) ფუნქციების გამო-

ყენებით აღნიშნული ცხრილის პირველ სვეტში ვიპოვით I_0 -ის მინიმალურ მნიშვნელობებს შორის ყველაზე მინიმალურს (ანუ გლობალურს, რომელიც არის განთავსებული მოცემული ცხრილის მეორე სვეტის ბოლო უჯრედში) და მის შესაბამის სხვა პარამეტრებს. საჭიროების შემთხვევაში ასეთივე წესით შეგვიძლია ვიპოვოთ I_0 -ის მინიმალურ მნიშვნელობებს შორის I_0 -ის ყველაზე მაქსიმალური (გლობალური) მნიშვნელობა, ცხადია ყველა მათი თანმხლები სხვა პარამეტრებიც.

ამრიგად, კონსტრუქტორს ექნება საშუალება იპოვოს არა მარტო რეგულატორის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები I_0 კრიტერიუმის

მიხედვით, არამედ ასევე იპოვოს ჩაქრობის კოეფიციენტის სასურველი მნიშვნელობაც. მე-3 ცხრილის და შესაბამისი მე-2 სურ-ის სახით დამპროექტებელს აქვს ინსტრუმენტი, რომლითაც შეუძლია აირჩიოს ნებისმიერი რხევის ჩაქრობის β კოეფიციენტის მიხედვით საპროექტო პარამეტრების q_0 და q_1 მნიშვნელობები, ხოლო შემოწმების მიზნით

ააგოს შესაბამისი გარდამავალი პროცესი (სურ. 4.) სპეციალური პროგრამის საშუალებით, რომელიც მოცემულია დანართში. მაგრამ სანამ გარდამავალ პროცესს ავაგებდეთ საჭიროა გარდამავალი პროცესის ასაგებად მოცემული მაგალითისათვის გამოვიყვანოთ შესაბამისი ფორმულები.

ცხრილი 3

N№	I_0	ω	q_0	q_1	m	β
1	0.000327069	48.11	3.534627	9.32542	0.1	0.466342
2	0.000834774	46.17784	2.609959	8.595352	0.105	0.482838
3	0.00022522	44.32501	1.976537	7.923609	0.11	0.498825
4	0.000567988	42.48404	1.672732	7.283993	0.115	0.514317
5	0.002418327	40.7114	1.541836	6.694099	0.12	0.529331
6	0.00104409	39.15429	1.316784	6.196328	0.125	0.54388
7	0.000729015	37.66684	1.192422	5.739169	0.13	0.55798
8	0.005882586	36.3661	0.97576	5.353497	0.135	0.571644
9	0.002769024	34.94147	1.077471	4.947813	0.14	0.584885
10	0.001472994	33.74409	0.996187	4.6188	0.145	0.597717
11	0.000923049	32.63047	0.918246	4.323075	0.15	0.610153
12	0.001344304	31.53717	0.910442	4.042691	0.155	0.622204
13	0.000727617	30.55056	0.856991	3.797673	0.16	0.633882
14	0.001300217	29.58625	0.850755	3.565948	0.165	0.6452
15	0.000575964	28.69928	0.821169	3.359263	0.17	0.656167
16	0.000716428	27.85467	0.802414	3.168359	0.175	0.666796
17	0.00080005	27.06673	0.774431	2.995354	0.18	0.677096
18	0.001346505	26.29614	0.773586	2.831138	0.185	0.687078
19	0.001805518	25.59772	0.740998	2.686206	0.19	0.696751
20	0.009417903	24.84586	0.794875	2.535181	0.195	0.706125
21	0.002707012	24.24008	0.742996	2.416129	0.2	0.715209
22	8.40432E-05	23.63658	0.719565	2.300645	0.205	0.724013

23	0.003377463	23.0643	0.695371	2.193814	0.21	0.732544
24	0.000301596	22.48215	0.703692	2.08811	0.215	0.740812
25	0.010936472	21.88777	0.7421	1.983277	0.22	0.748824
26	0.010002039	21.4748	0.651849	1.911055	0.225	0.756588
27	0.001041293	20.94042	0.678525	1.820948	0.23	0.764112
28	0.001486104	20.46865	0.671524	1.743025	0.235	0.771404
29	8.87519E-05	20.00764	0.67117	1.668678	0.24	0.778471
30	0.006920061	19.53897	0.689432	1.595059	0.245	0.785319
31	0.000995069	19.14599	0.665239	1.534269	0.25	0.791955
32	0.00305399	18.7588	0.649129	1.475668	0.255	0.798386
33	0.00720793	18.38583	0.634255	1.420363	0.26	0.804618
34	0.002685301	17.96988	0.657963	1.360505	0.265	0.810658
35	0.001508556	17.61272	0.651173	1.309897	0.27	0.816511
36	0.000988335	17.27325	0.641488	1.262706	0.275	0.822183
37	0.002890809	16.94291	0.633959	1.217702	0.28	0.82768
38	0.001516707	16.59876	0.641916	1.171979	0.285	0.833006
39	0.001290848	16.28373	0.63866	1.130823	0.29	0.838169
40	0.007284536	16.01083	0.617068	1.095539	0.295	0.843171
41	0.004165458	15.70269	0.621803	1.056862	0.3	0.848019
42	0.001222366	15.39467	0.631287	1.019055	0.305	0.852717
43	0.008400314	15.08735	0.644561	0.982178	0.31	0.85727
44	0.000206247	14.84976	0.625042	0.953708	0.315	0.861682
45	0.001454413	14.58244	0.625665	0.922599	0.32	0.865958
46	0.000108136	14.33265	0.621209	0.893972	0.325	0.870101
47	0.000287527	14.08628	0.618779	0.866271	0.33	0.874117
48	0.013782417	13.78847	0.644293	0.833981	0.335	0.878008
49	0.001011575	13.61335	0.614385	0.814496	0.34	0.881779
50	0.004355172	13.36397	0.622632	0.78814	0.345	0.885434
51	0.002929381	13.14708	0.618567	0.765418	0.35	0.888975
52	0.006169637	12.91724	0.622842	0.741935	0.355	0.892407
I _{min} = =I _{0max}	0.013782417					
I _{min} ==I _{0Min}	8.40432E-05					

გარდამავალი პროცესის აგება

დამოკიდებულება შეკრული ამს გარდამავალ პროცესსა და მის რეალურ სიხშირულ მახასიათებელს შორის ჩაიწერება ცნობილი ფორმულით:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U(\omega)}{\omega} \text{Sin}(\omega t) . \quad (24)$$

რეალური სიხშირული მახასიათებლის $-U(\omega)$ -ს გამოსათვლელად საჭიროა შეკრული სისტემის გადაცემის ფუნქცია (10)-ში p -ს მაგივრად ჩავსვათ $p = j\omega$, იმავდროულად გავითვალისწინოთ, რომ $j^2 = -1$, შემდეგ კი დავალაგოთ წარმოსახვითი და ნამდვილი ნაწილები ცალ-ცალკე. შესაბამისად მივიღებთ:

$$\begin{aligned} W_{cl}(j\omega) &= \frac{(q_0 + jq_1\omega)k}{j\omega(-b_2\omega^2 + jb_1\omega + b_0) + (q_0 + jq_1\omega)k} = \frac{(q_0 + jq_1\omega)k}{-jb_2\omega^3 - b_1\omega^2 + jb_0\omega + q_0k + jq_1k\omega} = \\ &= \frac{(q_0 + jq_1k)}{(q_0k - b_1\omega^2) - j[b_2\omega^3 + 9b_0 + q_1k]\omega} . \end{aligned} \quad (25)$$

მნიშვნელში კომპლექსური რიცხვის მოსპობის მიზნით (25) გამოსახულების მრიცხველი და მნიშვნელი გავამრავლოთ მნიშვნელის შეუღლებულ რიცხვზე,

ე.ი. $(q_0k - b_1\omega^2) + j[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]$, შესაბამისად მივიღებთ:

$$W_{cl}(j\omega) = \frac{k(q_0 + jq_1\omega)\{q_0k - b_1\omega^2\} + j[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]}{(q_0k - b_1\omega^2)^2 + [b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]^2} . \quad (26)$$

ჩაწერის შემდგომი გამარტივების მიზნით (26) გამოსახულების მრიცხველი აღვნიშნოთ A -თი, ხოლო მნიშვნელი – B -თი.

განვიხილოთ (26) გამოსახულების მხოლოდ მრიცხველი

$$A = k\{q_0(q_0k - b_1\omega^2) + jq_0[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega] + jq_1\omega(q_0k - b_1\omega^2) - q_1\omega[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]\} \quad (27)$$

წევრების ერთმანეთზე გადამრავლების და რეალური და წარმოსახვითი ნაწილის ცალ-ცალკე წარმოდგენის შემდეგ გვექნება:

$$A = k\{q_0(q_0k - b_1\omega^2) - q_1\omega[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]\} + jk\{q_0[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega] + q_1\omega(q_0k - b_1\omega^2)\} , \quad (28)$$

ხოლო B -სათვის გვექნება:

$$B = (q_0k - b_1\omega^2)^2 + [b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]^2 \quad (29)$$

შესაბამისად

$$\begin{aligned} W_{cl}(j\omega) &= \frac{A}{B} = \frac{kq_0(q_0k - b_1\omega^2) - kq_1\omega[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]}{B} + \\ &+ j \frac{q_0k[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega] + q_1\omega(q_0k - b_1\omega^2)}{B} , \end{aligned} \quad (30)$$

სადაც $U(\omega)$ არის შეკრული სისტემის რეალური სიხშირული მახასიათებელი და ტოლია:

$$U(\omega) = \frac{kq_0(q_0k - b_1\omega^2) - kq_1\omega[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega]}{B}, \quad (31)$$

ხოლო $V(\omega)$ არის შეკრული სისტემის წარმოსახვითი სიხშირული მახასიათებელი

$$V(\omega) = j \frac{[b_2\omega^3 + (b_0 + kq_1)\omega + q_1\omega(q_0k - b_1\omega^2)]}{B}. \quad (32)$$

მას შემდეგ, რაც გვეცოდინება $U(\omega)$ -ს მნიშვნელობა (24) ფორმულის გამოყენებით შესაძლებელია გარდამავალი პროცესის გაანგარიშება და აგება. გარდამავალი პროცესის გამოთვლა შესაძლებელია ინტეგრალის გამოთვლის ტრაპეციის ან მართკუთხედის მეთოდის გამოყენებით. ორივე მეთოდი ბიჯის სათანადო შერჩევის შემთხვევაში იძლევა თითქმის ერთნაირ შედეგებს, რაც ინჟინრული თვალსაზრისით მისაღებია. მართკუთხედის მეთოდის გამოყენებით (24) ფორმულა შეიძლება ჩავეწეროთ შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} y(t_i) &= \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left[\frac{U(\omega_1)}{\omega_1} \text{Sin}(t_1\omega_1) + \frac{U(\omega_2)}{\omega_2} \text{Sin}(t_1\omega_2) + \dots + \frac{U(\omega_{l-1})}{\omega_{l-1}} \text{Sin}(t_1\omega_{l-1}) + \frac{U(\omega_l)}{\omega_l} \text{Sin}(t_1\omega_l) \right] = \\ &= \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left\{ \sum_{i=1}^l \frac{U(\omega_i)}{\omega_i} \text{Sin}(t_1\omega_i) \right\}. \end{aligned} \quad (33)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა:

$$\frac{U(\omega)}{\omega} \text{Sin}(\omega t) = z, \quad (34)$$

მაშინ (33) გამოსახულება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$y(t_i) = \frac{2}{\pi} \Delta\omega \left[\sum_{i=1}^l z_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, M, \right] \quad (35)$$

სადაც M დისკრეტიზაციის რიცხვია, ხოლო l – ინტეგრირების ზღვარი.

მე-4 სურ. აგებულია მე-4 ცხრილის მიხედვით.

1, 2 და 3 მრუდები შეესაბამება სისტემის გარდამავალ პროცესს, რომელთა შესაბამისი რეგულატორის პარამეტრები შესაბამისად არის:

(პოზიცია 22) $I_{0 \min}^{(\min)} = 8.40432E - 05$, $m = 0.205$, ($\psi = 0.724013$), $\omega = 23.636558$, $q_0 = 0.719565$, $q_1 = 2.300645$;

(პოზიცია 25)

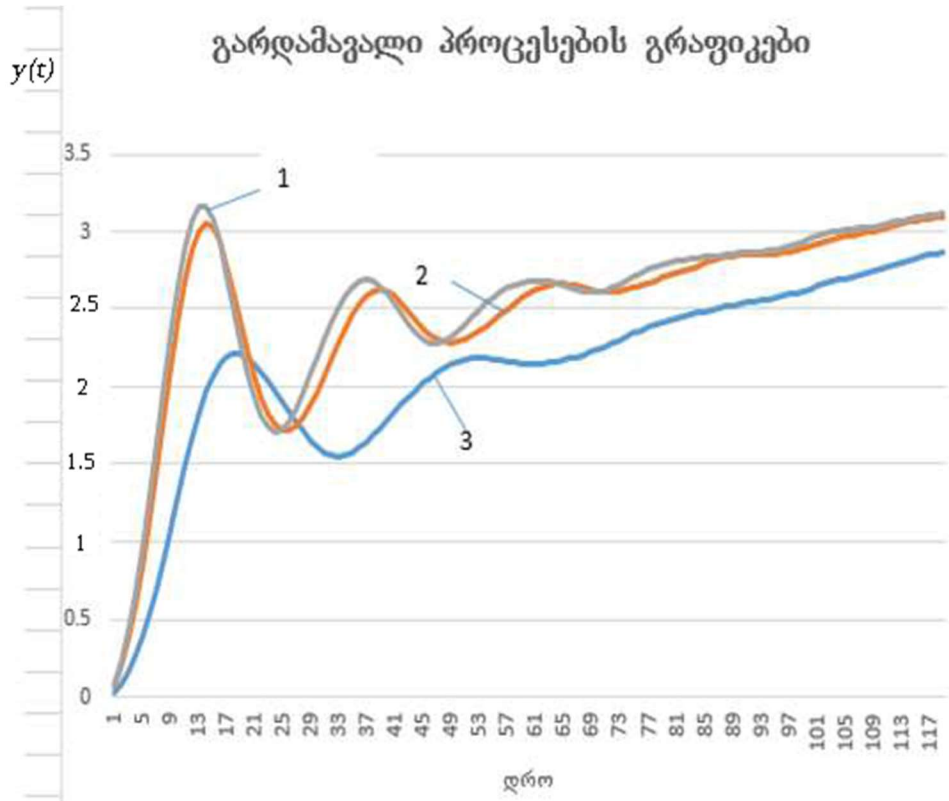
$I_{0 \min}^{(Average)} = 0.010936472$, $m = 0.22$, ($\psi = 0.748824$), $\omega = 21.8877$, $q_0 = 0.7421$, $q_1 = 1.983277$;

(პოზიცია 48)

$I_{0 \min}^{(\max)} = 0.011378417$, $m = 0.335$, ($\psi = 0.878008$), $\omega = 13.78847$, $q_0 = 0.644297$, $q_1 = 0.833981$.

ეს პარამეტრები აღებულია მე-3 სურ-დან და მე-3 ცხრილის შესაბამისი პოზიციებიდან 22, 25 და 48.

გარდამავალი პროცესის გრაფიკების ნომრები შეესაბამება მე-4 ცხრილის შესაბამისი სვეტების ნომრებს.



სურ. 4

ცხრილი 4

t	IominMax (3)	IominAve. (2)	IominMin (1)
0.01	0.031539086	0.073456233	0.085662666
0.02	0.086815029	0.200156338	0.232658391
0.03	0.163946441	0.372354432	0.430746728
0.04	0.26379048	0.587820617	0.675905072
0.05	0.387603327	0.844739048	0.96457128
0.06	0.535442442	1.138320231	1.289863455
0.07	0.705256866	1.459061774	1.639709772
0.08	0.89260617	1.792538875	1.99674954
0.09	1.090915308	2.120490809	2.339724476
0.1	1.292132	2.422845117	2.645928874
0.11	1.487621579	2.680229587	2.89417791
0.12	1.669123059	2.876490509	3.067718977
0.13	1.829603135	3.000775683	3.156562775
0.14	1.963881295	3.0488478	3.15884397
0.15	2.068952092	3.023446692	3.081010264

გაგრძელება

0.16	2.143990801	2.933692646	2.936850261
0.17	2.190084204	2.793683799	2.745565668
0.18	2.209770524	2.620561789	2.529239831
0.19	2.206495133	2.432383501	2.310128183
0.2	2.184087319	2.246134315	2.108189487
0.21	2.146343939	2.076157462	1.939197186
0.22	2.096770086	1.933169978	1.813638355
0.23	2.038486853	1.823913471	1.736452627
0.24	1.974278765	1.751371315	1.707516601
0.25	1.906726	1.715396378	1.722667206
0.26	1.838355248	1.713547328	1.774999064
0.27	1.771747528	1.741933416	1.856170156
0.28	1.709559663	1.795909457	1.957501533
0.29	1.65444389	1.87053247	2.070743431
0.3	1.60887803	1.960769911	2.188478012
0.31	1.574943803	2.061517063	2.30421855
0.32	1.554104048	2.16752626	2.412323476
0.33	1.547031036	2.273361179	2.507864586
0.34	1.553527263	2.373469429	2.58657028
0.35	1.572559061	2.462421245	2.644914801
0.36	1.602400011	2.535304669	2.680359835
0.37	1.640857322	2.588214944	2.691691737
0.38	1.685538611	2.618738072	2.679354393
0.39	1.734110598	2.626317144	2.645661188
0.4	1.784505184	2.612406506	2.594787998
0.41	1.835042966	2.580358943	2.532492818
0.42	1.884463968	2.535044292	2.465568678
0.43	1.931875406	2.48225382	2.401098283
0.44	1.976643871	2.427987725	2.345627066
0.45	2.018268769	2.377746319	2.304394525
0.46	2.056273967	2.335942478	2.280756807
0.47	2.090146929	2.305525338	2.275897746
0.48	2.119339477	2.287860847	2.288869858
0.49	2.143327514	2.282861987	2.316942751
0.5	2.161711392	2.289314619	2.356179821
0.51	2.174327894	2.30531099	2.402124681

0.52	2.181342331	2.32869175	2.450467059
0.53	2.183293426	2.357406811	2.497572284
0.54	2.18107586	2.389735325	2.540797405
0.55	2.175859319	2.424344304	2.578568134
0.56	2.168958334	2.46020727	2.610243928
0.57	2.161678032	2.496436342	2.635841056
0.58	2.155166865	2.532098073	2.655705537
0.59	2.150303725	2.566081807	2.670228308
0.6	2.147640826	2.597069515	2.679672311
0.61	2.147408764	2.623625749	2.684143524
0.62	2.149577884	2.644390375	2.683696409
0.63	2.153956929	2.658328645	2.678526128
0.64	2.160303489	2.664974045	2.669177204
0.65	2.168419713	2.664599554	2.65669496
0.66	2.178211638	2.658266783	2.642660957
0.67	2.189700665	2.647731264	2.629085361
0.68	2.202988484	2.635214134	2.618166801
0.69	2.218187662	2.623082271	2.611964911
0.7	2.235338326	2.613499578	2.612056202
0.71	2.254334697	2.60811879	2.619250156
0.72	2.274881907	2.607874691	2.633431642
0.73	2.296496055	2.612915767	2.653568576
0.74	2.318549065	2.622682122	2.677886961
0.75	2.34034987	2.636104696	2.70417928
0.76	2.361243849	2.651876411	2.730182522
0.77	2.380708623	2.668733102	2.753948317
0.78	2.398425205	2.68568308	2.774130846
0.79	2.414309054	2.702139756	2.790138452
0.8	2.428495449	2.717937404	2.802125742
0.81	2.441284034	2.733237561	2.810839933
0.82	2.453055728	2.748360592	2.817365076
0.83	2.464182733	2.763591399	2.822829263
0.84	2.474951498	2.779013514	2.828143529
0.85	2.485515246	2.794414996	2.833830075
0.86	2.495886131	2.80929033	2.83997275
0.87	2.505965457	2.822937282	2.846291525

0.88	2.51560297	2.834623013	2.852312608
0.89	2.524668752	2.843776612	2.857583721
0.9	2.53311874	2.850158532	2.861874973
0.91	2.541037105	2.853962491	2.865311126
0.92	2.5486448	2.85582252	2.868400485
0.93	2.556271878	2.856720453	2.871952357
0.94	2.564300226	2.857812393	2.876903322
0.95	2.573090268	2.860213608	2.884095542
0.96	2.582909373	2.864789247	2.894062962
0.97	2.59387874	2.871998185	2.906878346
0.98	2.605951207	2.881823899	2.922101238
0.99	2.618925094	2.89380664	2.938840801
1	2.6324904	2.90716693	2.955921176
1.01	2.646296358	2.920990191	2.972112899
1.02	2.66002451	2.934429249	2.986377183
1.03	2.673450572	2.946878076	2.998068044
1.04	2.686480949	2.958078436	3.00704768
1.05	2.6991568	2.968138508	3.013689608
1.06	2.711625671	2.977462106	3.018771855
1.07	2.724088582	2.986611325	3.023287147
1.08	2.736736835	2.996137177	3.028215002
1.09	2.74969282	3.006421524	3.034309707
1.1	2.762971336	3.017569488	3.041951088
1.11	2.776468387	3.029376857	3.051091357
1.12	2.789981685	3.041380151	3.061305423
1.13	2.803255932	3.052974658	3.071929199
1.14	2.816043087	3.063570886	3.082248968
1.15	2.828161364	3.07275007	3.091694632
1.16	2.83953998	3.080379852	3.09998897
1.17	2.850238332	3.086662243	3.107217766
1.18	2.860434718	3.092101255	3.113805212
1.19	2.870388309	3.097397697	3.120402124
	2.870388309	3.097397697	3.15884397

დასკვნა

სტატიაში განხილულია PI რეგულატორის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობის გაანგარიშების ამოცანა კვადრატული ინტეგრალური კრიტერიუმის მიხედვით და გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტის სასურველი მნიშვნელობის გათვალისწინებით. ამოცანა წარმოდგენილია როგორც მათემატიკური დაპროგრამების არაწრფივი ამოცანა.

მიზნის ფუნქციის გლობალური ექსტრემუმის მოსანახად გამოყენებულია სტოქასტიკური მეთოდი, კერძოდ, შემთხვევითი ძებნის მეთოდი. PI რე-

გულატორის საანგარიშო ფორმულების გამოსავანად გამოყენებულია გაფართოებული ამპლიტუდურ-ფაზური სიხშირული მახასიათებელი.

ნაშრომში არის მცდელობა დამპროექტებელს მიეწოდოს ეფექტური ინსტრუმენტი, რათა იანგარიშოს რეგულატორის ოპტიმალური პარამეტრები გარდამავალი პროცესის რხევის ჩაქრობის კოეფიციენტის სასურველი მნიშვნელობის გათვალისწინებით. ნაშრომში მოყვანილი სურათები და ცხრილები აადვილებს პარამეტრების შერჩევის შესაძლებლობებს. კომპიუტერული პროგრამების შესაქმნელად გამოყენებულია პროგრამული საშუალება VBA.

დანართი 1

PI რეგულატორის პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობების გაანგარიშების პროგრამა (მე-2 ცხრილის ფორმირება)

```
Private Sub Command1_Click()
Dim c0, c1, c2, c3, b0, b1, b2, q0, q1, m, lmin, l0, q00, q11 As Single
Dim ll, k1, i, MM, LL, s As Integer
Dim x(1), xx, xm(2), B, A, AA(1), BB(1), g(2), Om1, Om2 As Single
b2 = 0.1
b1 = 1
b0 = 20
k = 25
c3 = b2
c2 = b1
m = 0.335
s = 250
N = 1
MM = 2
lmin = 300
Om1 = b1 / (3 * b2 * m)
Om2 = b1 / (2 * b2 * m)
Print "Om1= "; Om1; "Om2= "; Om2
AA(1) = Om1
BB(1) = Om2
For j = 1 To s
x(1) = AA(1) + (BB(1) - AA(1)) * Rnd
g(1) = x(1) - Om1
g(2) = Om2 - x(1)
```



```

II = 0
For k1 = 1 To MM
If g(k1) >= 0 Then II = II + 1
Next k1
If II = MM Then
q0 = ((m ^ 2 + 1) * (b1 - 2 * b2 * m * x(1)) * x(1) ^ 2) / k
q1 = ((b2 * x(1) ^ 2 + 2 * m * b1 * x(1) - 3 * b2 * m ^ 2 * x(1) ^ 2 - 1)) / k
c1 = b0 + q1 * k
c0 = q0 * k
B = b2 ^ 2 * c0 * c1 + (b1 ^ 2 - 2 * b0 * b2) * c0 + b0 ^ 2 * c2 * c3
A = 2 * c0 * c3 * (-c0 * c3 + c1 * c2)
I0 = B / A
I0 = Abs(I0)
If I0 < Imin Then
Imin = I0
xm(1) = x(1)
Fi = 1 - Exp(-2 * 2.14 * m)
Print " I0="; Imin; " Om="; x(1); " q0="; q0; " q1="; q1; " m= "; m; " Fi= "; Fi
Else
End If
End If
Next j
End Sub

```

დანართი 2

PI რეგულატორის პარამეტრების მხოლოდ ოპტიმალური მნიშვნელობის გაანგარიშება
(მე-3 ცხრილის ფორმირება)

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Dim c0, c1, c2, c3, b0, b1, b2, q0, q1, m, Imin, I0, q00, q11 As Single
Dim II, k1, i, MM, LL, s As Integer
Dim x(1), xx, xm(2), B, A, AA(1), BB(1), g(2), Om1, Om2 As Single
b2 = 0.1
b1 = 1
b0 = 20
k = 25
c3 = b2
c2 = b1
ik = 0
For m = 0.1 To 0.36 Step 0.005
s = 250
N = 1
MM = 2
Imin = 300
Om1 = b1 / (3 * b2 * m)
Om2 = b1 / (2 * b2 * m)
AA(1) = Om1

```

```

BB(1) = Om2
For j = 1 To s
' Randomize
x(1) = AA(1) + (BB(1) - AA(1)) * Rnd
g(1) = x(1) - Om1
g(2) = Om2 - x(1)
ll = 0
For k1 = 1 To MM
If g(k1) >= 0 Then ll = ll + 1
Next k1
If ll = MM Then
q0 = ((m ^ 2 + 1) * (b1 - 2 * b2 * m * x(1)) * x(1) ^ 2) / k
q1 = ((b2 * x(1) ^ 2 + 2 * m * b1 * x(1) - 3 * b2 * m ^ 2 * x(1) ^ 2 - 1)) / k
c1 = b0 + q1 * k
c0 = q0 * k
B = b2 ^ 2 * c0 * c1 + (b1 ^ 2 - 2 * b0 * b2) * c0 + b0 ^ 2 * c2 * c3
A = 2 * c0 * c3 * (-c0 * c3 + c1 * c2)
l0 = B / A
l0 = Abs(l0)
If l0 < lmin Then
lmin = l0
' For i = 1 To N
xm(1) = x(1)
Fi = 1 - Exp(-2 * 3.14 * m)
Cells(1 + ik, 2).Value = lmin
Cells(1 + ik, 3).Value = x(1)
Cells(1 + ik, 4).Value = q0
Cells(1 + ik, 5).Value = q1
Cells(1 + ik, 6).Value = m
Cells(1 + ik, 7).Value = Fi
Else
End If
End If
Next j
ik = ik + 1
Next m
End Sub

```

დანართი 3

PI რეგულატორის გარდამავალი პროცესის და $U(\omega)$ ფუნქციის აგების პროგრამა

Private Sub CommandButton1_Click()

Dim q0, q1, k, b0, b1, b2, delta, y, t, Om, A, B, U, x As Single

Dim i, ii As Integer

q0 = 0.719565

```

q1 = 2.300645
k = 25
b0 = 20
b1 = 1
b2 = 0.1
delta = 1
ii = 0
For Om = 3 To 50 Step 1
ii = ii + 1
A = q0 * k * (q0 * k - b1 * Om ^ 2) - q1 * k * Om * (b2 * Om ^ 3 - (b0 + q1 * k) * Om)
B = (q0 * k - b1 * Om ^ 2) ^ 2 + (b2 * Om ^ 3 - (b0 + q1 * k) * Om) ^ 2
U = A / B
Cells(1+ii,4).Value=Om
Cells(1 + ii, 5).Value = U
Next Om
y = 0
i = 0
For t = 0.01 To 1.2 Step 0.01
i = i + 1
For Om = 0.1 To 50 Step 1
A = q0 * k * (q0 * k - b1 * Om ^ 2) - q1 * k * Om * (b2 * Om ^ 3 - (b0 + q1 * k) * Om)
B = (q0 * k - b1 * Om ^ 2) ^ 2 + (b2 * Om ^ 3 - (b0 + q1 * k) * Om) ^ 2
U = A / B
x = U / Om * Sin(Om * t)
y = y + x
Next Om
y = 2 / 3.14 * delta * y
Cells(1 + i, 2).Value = t
Cells(1 + i, 3).Value = y
Next t
End Sub

```

ლიტერატურა

1. E. Stephani. Basics of calculating the setting of regulators of heat and power processes (Edition 2), 2014. (In Russian);
2. O. Prokhorova, S. Neklyudov. Application of nonlinear programming problems in the simulation of ACS with real objects. Technical sciences, 2016. (In Russian);
3. S. Novikov. Optimization of automatic control systems of heat and power equipment Part 1. Methods for determining the optimal parameters of settings of control devices. Tutorial. - Novosibirsk, NSTU, 2006 . 108 p. (In Russian);
4. E. Dudnikov. Bases of automatic regulation of thermal processes. \ "Gosenergoizdat\", 1956. (In Russian);
5. Theory of automatic control. Ed. A.V. Has not extinguished. Textbook for universities. Ed. 2nd rev. M. 1956. (In Russian).

UDC 62-52

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-75-97>

Determination of the Optimal Values of the Parameters of the PI Controller by Minimum Integral Quadratic Criterion Taking Into Account the Values Transient Damping Coefficient

Badri Gvasalia

Department of Computer-Aided Design of Construction, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^B M. Kostava srt.

E-mail: Gvasaliabadri01@gtu.ge

Reviewers:

K. Odisharia, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: O_korneli@yahoo.com

E. Abramidze, Associate Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: Edisoni.abramidze@mail.ru

Abstract. The problem of determining the optimal the values of the parameters of the PI controller by the quadratic integral criterion taking into account the coefficient of attenuation of the transition process. The problem is presented as a nonlinear mathematical problem programming. Finding the global minimum of the objective function carried out by random search, and to determine the parameters of the PI controller used the expanded amplitude-phase frequency response of the system. An attempt is made to provide designers with an effective tool for solving the above problem. The given graphs and tables facilitate the selection of parameters. To compile a computer program, the visual programming system VBA (Visual Basic for Application) is used. Concrete examples are given.

Key words: integral quadratic criterion; optimal parameters; proportional-integral controller; synthesis of an automatic control system.

UDC 62-52

SCOPUS CODE 1701

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-75-97>

Определение оптимальных значений параметров ПИ регулятора по минимуму интегральному квадратичному критерию с учетом значений коэффициента затухания колебаний переходного процесса

Бадри Гвасалия Департамент компьютерного проектирования строительства, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси ул. М. Костава, 68⁶
E-mail: b.gvasalia@gtu.ge

Рецензенты:

К. Одишария, ассоциированный профессор факультета информати и систем управления ГТУ
E-mail: O_korneli@yahoo.com

Е. Абрамидзе, ассоциированный профессор строительного факультета ГТУ
E-mail: Edisoni.abramidze@mail.ru

Аннотация. Во многих практических случаях, когда интегральный критерий принимает минимальное значение, переходный процесс системы имеет достаточно большие колебания, что недопустимо по различным техническим соображениям. Поэтому целесообразно использовать интегральный квадратичный критерий не изолированно, а в сочетании с коэффициентом флуктуации переходного процесса. Необходимость введения этого коэффициента смещает задачу к задаче многокритериальной оптимизации. В статье рассматривается задача определения оптимальных значений параметров ПИ регулятора по квадратичному интегральному критерию с учетом коэффициента степени затухания переходного процесса.

Задача представлена в виде задачи нелинейного математического программирования. Нахождение глобального минимума целевой функции осуществляется методом случайного поиска, а для определения параметров ПИ регулятора использована расширенная амплитудно-фазовая частотная характеристика системы.

В работе сделана попытка снабдить проектировщиков эффективным инструментом для решения вышеуказанной задачи. Приведенные чертежи и таблицы облегчают выбор параметров. Для составления компьютерной программы используется система визуального программирования VBA (visual basic for application)

Ключевые слова: оптимальные параметры; пропорционально-интегральный регулятор; синтез системы автоматического управления; интегральный квадратичный критерий.

განხილვის თარიღი 03.07.2020

შემოსვლის თარიღი 27.10.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 004.9

SCOPUS CODE

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-98-105>

An Algorithm for Determining the Location of a Segment on a Segmented Image

Otar Tavdishvili Department of Applied Systems for Pattern Recognition, V. Chavchanidze, Institute of Cybernetics of the GTU, Georgia, 0186 Tbilisi, 5 Z. Anjaparidze str.

E-mail: otartavdi@yahoo.com

Zurab Alimbarashvili Department of Stochastic Analysis and Mathematical Modeling, V. Chavchanidze Institute of Cybernetics of the GTU, Georgia, 0186 Tbilisi, 5 Z. Anjaparidze str.

E-mail: prtebi@yahoo.com

Reviewers:

T. Sulaberidze, Candidate of Physics and Mathematics, V. Chavchanidze Institute of Cybernetics, GTU

E-mail: tamaz.sulaberidze@gmail.com

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

E-mail: mariam.chkhaidze@bk.ru

Abstract. The task of digital image analysis after image segmentation requires the ability to operate independently with each extracted segment (object), determine the total number of segments, and define the location of the segments on the image plane. This requires knowledge of the coordinates of each extracted segment on the image. This involves defining the coordinates of the pixels that make up the segment.

For this purpose, an original algorithm was developed, which during the process of implementation of early developed non-parametric segmentation algorithm extracts the connected components (segments) on the image and determines the location of the each segment on the image based on the values of indices i and j (coordinates) of its pixels.

Key words: cluster domain; cluster; density function; matrix cluster; mode; non-parametric segmentation; Parzen estimation; segment.

Introduction

The task of digital image analysis after image segmentation requires the ability to operate independently with each extracted segment (object), determine the total number of segments, and define the location of the segments on the image plane. This requires knowledge of the coordinates of each extracted segment on the image. This involves defining the coordinates of the pixels that make up the segment.

For this purpose, an original algorithm was developed, which during the process of implementation of early developed non-parametric segmentation algorithm extracts the connected components (segments) on the image and determines the location of the each segment on the image based on the values of indices i and j (coordinates) of its pixels.

Main part

Segmentation Algorithm: Brief Overview

Here we'll briefly introduce the early developed segmentation technique [1]. That involves two stages. The first is cluster-analysis of the k -dimensional characteristic features space, in which number of clusters, their centres and radiuses of sameness are determined; and the second is the extraction of segments on the digital image on the bases of mapping the obtained clusters back to the image domain.

Scene digital image is considered as a realisation of a vector random field

$$G = f(x, y) = (f^{(1)}(x, y), \dots, f^{(k)}(x, y)),$$

with independent components and increases, where in each image point (x, y) we have row vector G of k characteristic features i.e. as a matrix

$$A = \|a_{ij}\|, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M},$$

where each a_{ij} is an observed value of a vector random field in 2D space point (x_i, y_j) and

$$a_{ij} = (a_{ij}^{(1)}, \dots, a_{ij}^{(k)}),$$

where $x_1 < x_2 < \dots < x_N, y_1 < y_2 < \dots < y_M$.

Let's consider in matrix A so-called 2D "window" of size (2×2) , in which is defined 6 pairs of adjacent elements. Move the "window" in A element by element and calculate the Euclidean distances $\rho(\cdot)$ between those pairs of adjacent elements.

$$\begin{aligned} &\rho(a_{ij}; a_{i,j+1}), \rho(a_{ij}; a_{i+1,j+1}), \rho(a_{ij}; a_{i+1,j}), \\ &\rho(a_{i+1,j}; a_{i,j+1}), \rho(a_{i+1,j}; a_{i+1,j+1}), \\ &\rho(a_{i,j+1}; a_{i+1,j+1}), i = \overline{1, N-1}, j = \overline{1, M-1}. \end{aligned} \quad (1)$$

We'll obtain sequence of non-negative numbers $\{\xi_q\}, q = \overline{1, n}$, where $n = 4(N-1)(M-1) + N + M - 2$ and ξ_q denotes q th member of sequence $\{\rho(\cdot; \cdot)\}$, and which is considered as a sample of a parent population with theoretical density function $\varphi(x)$. For statistical estimation of unknown $\varphi(x)$ the Parzen function is considered

$$\widehat{\varphi}_n(x) = \frac{1}{n \cdot h} \sum_{q=1}^n K\left(\frac{x-\xi_q}{h}\right), \quad (2)$$

where $h = h(n) > 0$ and $h(n) \rightarrow 0, nh(n) \rightarrow \infty$, when $n \rightarrow \infty$; $k(x)$ is a Borel function which can be integrated relative to Lebesgue measure.

If one takes into consideration that $\varphi(x)$ uniformly continuous on whole numerical axis, then $\widehat{\varphi}_n(x)$ converges to $\varphi(x)$ uniformly with probability 1 and consequently computations are true with probability 1. For definite types of kernels $k(x)$ function $\widehat{\varphi}_n(x)$ is characterized with multi-modes. If $M_i, i = \overline{1, p}$ are modes and m_i are points of local minima of density function $\widehat{\varphi}_n(x)$, then we have $m_i \leq M_i < m_{i+1}$. Hence modes are considered as centers of extracting in the sequence $\{\xi_q\}, q = \overline{1, n}$ clusters, while intervals $[m_i; m_{i+1}], i = \overline{1, p}$ formulate so-called clusters domain which give us rough boundary of clusters. But only some of the elements of sequence $\{\xi_q\}, q = \overline{1, n}$ fall into i th interval $[m_i; m_{i+1})$. Let's say $\xi_{i_1}, \xi_{i_2}, \dots, \xi_{i_e} \in \{\xi_q\}$. The differences $|\xi_{ij} - M_i|, j = \overline{1, e}$ give us value of distances of those elements from the cluster center M_i . Let's consider them as a sample of a parent population, which has some theoretical density function. The Parzen function is computed to that again and maximal of its modes is considered as a radius of sameness R_i for cluster domain $[m_i; m_{i+1})$. R_i give us exact boundary of cluster extracting in cluster domain $[m_i; m_{i+1})$.

All $\xi_q \in [m_i; m_{i+1}), q = \overline{1, n}$ which satisfy the clustering criteria

$$|\xi_q - M_i| \leq R_i, i = \overline{1, p}, q = \overline{1, n} \quad (3)$$

define cluster K_i with center M_i and radius R_i .

Segmentation of digital image i.e. matrix A implies its partition into maximal connected disjoint unities of the a_{ij} elements according to each $K_i, i = \overline{1, p}$ cluster. At the same time it should be realized in direction as modes are ordered - $M_1 < M_2 < \dots < M_p$. Thus segments extraction process must start from the clusters with the most similar elements and continues doing the same with all other clusters until we reach the last one that has the least similar elements, i.e. from cluster K_i with a minimum mode M_1 and finish at cluster K_p with a maximum mode M_p . For that, let's move in matrix A

“window” in the same way as before and find pairs of adjacent elements distances (1) between which belong to cluster K_1 . As a result we’ll obtain a set of elements called “matrix” cluster A_1 in matrix A . A maximal connected unities of elements in A_1 create segments $S_1^t, t = \overline{1, T_1}$. If after that in matrix A will remain non-segmented elements, we pass to cluster K_2 and repeat above-mentioned procedure, etc. until process of segmentation of the matrix A will not be terminated. At the same time the matrix A elements extracted into segments on i th step do not take part in extraction of segments on $(i + 1)$ step. The elements of image extracted into segments on i th step are mark with one and the same identifying label whose value is correspond to cluster’s current number. After the termination of segmentation procedure some elements of matrix A can be remained as non-segmented and distributed on the image domain. Such elements represent isolated elements on the image plane.

Algorithm Description

According to the above-mentioned segmentation algorithm, at the i th step of the segmentation procedure the elements of the A_i matrix cluster, corresponding to cluster $K_i, i = \overline{1, p}$ are assigned the same labels. The value of the remaining elements of the matrix is equal to 0. Thus, we get a binary matrix cluster with labeled elements. The task is to extract in such a matrix cluster the connected components - segments on the image on the bases of the elements marked with the labels corresponding to the cluster $K_i, i = \overline{1, p}$ and define the coordinates of each of them based on the values of the i and j indices of their pixels. This will ultimately determine the location of the segment on the image.

Suppose we have corresponding to cluster $K_i, i = \overline{1, p}$ matrix cluster A_i , in which the elements are labeled with a value corresponding to i th cluster, say, equal to 5, and the remaining elements of the matrix are equal to 0 (Figure 1).

The task is to define the corresponding segment and its location on the image plane based on the extraction of the maximal subset of the connected elements in the A_i matrix cluster. The latter involves determining the coordinates of the pixels that make up the obtained

segments. To do this, start the element by element movement in the matrix cluster A_i (left to right and top to down) and compose the corresponding sequences of the indices i and j of elements with a value of equal to 5 in the matrix. The result is the following sequences of indices i and j :

$$i = 2,2,3,3,3,3,3,3,4,4,4,7,7,7,7$$

$$j = 2,3,1,2,3,4,5,6,4,5,6,3,4,5,6$$

If we now sort these sequences in ascending order without repeating the same index values, then we get the following two sequences:

$$i = 2,3,4,7$$

$$j = 1,2,3,4,5,6$$

As we can see, in the case of index i , starting from the value $i = 2$ and including $i = 4$, the index runs through all natural values, that is, the difference between two adjacent values in the sequence is 1. Accordingly, the matrix cluster has labeled elements under these index values i . Then we no longer have the values of the index i from the value $i = 4$ to the value $= 7$. This means that there are no labeled elements in the fifth and sixth rows of the matrix cluster. Labeled elements start from the seventh row. Therefore, the set of elements labeled by rows in the matrix A_i is divided into two connected subsets. Whereas index j runs all natural values from 1 to 6, i.e. labeled elements form a single connected set by columns. Therefore, the sequence of the values of index i is divided into 2 subsequences: 2,3,4 and 7, while the sequence of the values of index j remains unchanged.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	0	0	0	0	0	0	0
5	5	5	5	5	5	0	0	0	0
0	0	0	5	5	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	5	5	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 1

Thus, in order to extract the maximal number of connected elements in the matrix cluster A_i , we need to consider the following combinations of the values of the sequences of indices i and j :

$$\begin{aligned} i &= 2,3,4 \\ j &= 1,2,3,4,5,6 \end{aligned} \quad (4)$$

and

$$\begin{aligned} i &= 7 \\ j &= 1,2,3,4,5,6 \end{aligned} \quad (5)$$

The above means that the set of labeled elements of the matrix A_i , corresponding to the cluster K_i is divided into 2 connected subsets. One of these is placed inside the area (interval) bounded by the values of indices i and j

$$\begin{aligned} i &= [2,3,4] \\ j &= [1,2,3,4,5,6] \end{aligned} \quad (6)$$

defined by sequence (4). To determine the exact indices of the elements of a connected subset in area (6), we check whether all possible combinations of the pairs of indices i and j correspond to the labeled elements in the matrix cluster A_i . To do this, we will use the following procedure: for all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j taken from (6), we check the values of the corresponding elements labels in the matrix cluster A_i . If it is equal to 5, then this is the element of the first connected subset. After going through this procedure, we will get the exact values for indices i and j of the elements for the first connected subset in the matrix cluster A_i . So, a segment on the image corresponding to the first connected subset is formed by pixels with the following coordinates:

$$\begin{aligned} [2,2], [2,3], [3,1], [3,2], [3,3], [3,4], [3,5], [3,6], \\ [4,4], [4,5], [4,6]. \end{aligned}$$

According to (5), the second connected subset in the matrix cluster A_i is placed inside the area (interval) bounded by the values of indices i and j :

$$\begin{aligned} i &= [7] \\ j &= [1,2,3,4,5,6] \end{aligned} \quad (7)$$

If we now repeat the above-mentioned procedure again for all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j taken from (7), we will get the exact values for indices of the elements for the second connected subset in the matrix cluster A_i . Accordingly, a segment on the image corresponding to the second connected subset is formed by pixels with the following coordinates:

$$[7,3], [7,4], [7,5], [7,6].$$

It follows, that if indices i and j of the labeled elements of a matrix cluster sequentially run natural values, then their corresponding pixels on the image form single maximal connected set - a connected component or segment.

Now, consider the case when the corresponding to cluster K_i , $i = \overline{1, p}$ matrix cluster A_i has the form shown on Figure 2.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	5	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	5	5	5
0	0	0	0	0	0	0	5	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 2

Let's repeat the above-mentioned procedure again for the given matrix cluster and compose the sequences from the values of indices i and j of the labeled elements. We'll obtain:

$$\begin{aligned} i &= 2,3,4,6,7 \\ j &= 2,3,4,5,8,9,10 \end{aligned} \quad (8)$$

As we can see, both indices i and j do not run sequentially the natural values. In particular, the interrupt at index i occurs from the fourth to the sixth row, i.e. there are no labeled elements in the fifth row. Labeled elements start from the sixth row. This also happens in

the case of index j . Here also the interrupt occurs from the fifth to the eighth column, i.e. there are no labeled elements in the sixth and seventh columns. Labeled elements start from the eighth column. Thus, respectively, each sequence of values of indices i and j is divided into two subsequences, respectively:

$$2,3,4 \text{ and } 6,7;$$

and

$$2,3,4,5 \text{ and } 8,9,10.$$

Therefore, to extract the set of maximal number of connected elements in matrix cluster, we must consider the following combinations of the subsequences of values of the indices i and j :

$$\begin{aligned} i &= 2,3,4 \\ j &= 2,3,4,5, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} i &= 2,3,4 \\ j &= 8,9,10 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} i &= 6,7 \\ j &= 2,3,4,5, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} i &= 6,7 \\ j &= 8,9,10 \end{aligned} \quad (12)$$

Thus, the set of labeled elements in the matrix cluster A_i is divided into two connected subsets, respectively, both by the indices i and j . Thus, we can consider 4 areas of possible existence of segments on the image. This means to determine if there are subsets of connected elements within the areas bounded by the values of these indices in the matrix cluster. Let's consider these cases for each area separately:

1.

$$\begin{aligned} i &= [2,3,4] \\ j &= [2,3,4,5] \end{aligned}$$

To define a connected subset and its exact coordinates in the area defined by (9), we first check whether all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j taken from (9) correspond to the elements labeled in the matrix cluster A_i . For this we use the

following procedure: for all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j taken from (9), we check the value of the label of the corresponding elements in the matrix cluster A_i . If it is equal to 5, then it is an element of the first connected subset. After going through this procedure for all pairs of indices, we will get the exact indices i and j for the elements of the first connected subset in the matrix cluster A_i . Thus, a segment corresponding to the first connected subset in the matrix cluster is formed on the image by pixels with the following coordinates:

$$[2,2], [2,3], [3,3], [3,4], [4,4], [4,5]$$

2.

$$\begin{aligned} i &= [2,3,4] \\ j &= [8,9,10] \end{aligned}$$

We repeat the same procedure in the matrix cluster A_i for the area bounded by the values of the indices (10). None of the all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j correspond to the elements labeled in the matrix cluster A_i . Thus, the elements of the matrix cluster defined by these indices values do not form a segment on the image.

3.

$$\begin{aligned} i &= [6,7], \\ j &= [2,3,4,5] \end{aligned}$$

Here we have the same case for the area bounded by the values of indices (11) as in case (10).

4.

$$\begin{aligned} i &= [6,7] \\ j &= [8,9,10] \end{aligned}$$

For all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j taken from (12), we repeat the procedure described in case 1. We see, that to all possible combinations of the pairs $[i, j]$ of indices i and j in the matrix cluster A_i correspond the elements labeled equal to 5. As a result, a connected subset of the elements of the matrix cluster with these indices corresponds to a segment in the image whose pixel coordinates are:

$$[6,8], [6,9], [6,10], [7,8], [7,9], [7,10]$$

Computational Algorithm

Based on the above-mentioned, we can formulate the following computational algorithm for determining the location of a segment on a segmented binary image:

Input: corresponding to cluster K_i , $i = \overline{1, p}$ matrix cluster A_i of $n \times m$ dimensionality;

Output: $[i, j]$ coordinates of the pixels that make up the segment on the image;

- Move in the matrix cluster A_i element by element (left to right and top to down) and form two sequences i and j from the indices i and j of the labeled elements corresponding to cluster K_i , $i = \overline{1, p}$;
- Arrange the sequences i and j in ascending order without repeating the same index values;
- We are looking for interrupts in each sequence, i.e. in the places where the difference between two adjacent sequence values is greater than one;
- If there is no interruption in any sequence of indices, then the coordinates of the labeled elements of the matrix cluster, corresponding to these indices form a segment on the image;

- If one or more interrupts occur in one or both of the indices sequences, then the subsequences of indices i and j are formed based on the values of the indices located between the interrupts;
- All combinations of the obtained subsequences are considered, and for each of them the presence of labeled elements in the matrix cluster is checked;
- In the presence of the labeled elements, such ones form the maximal connected subset. Otherwise there is a transition to the following combination of subsequences;
- To a connected subset in the matrix cluster corresponds a segment on the image.

Conclusion

The presented algorithm allows in the process of nonparametric image segmentation to extract the maximal sets of connected pixels - segments on the image, to define the coordinates of each of their elements and, as a consequence, the location of the segments on the image. This allows operating independently with each segment of the image.

References

1. O. Tavdishvili, T. Sulaberidze "Statistical Approach to Image Segmentation". Bulletin of Georgian AS, v.160 (2) 1999. Tbilisi (In English).

UDC 004.9

SCOPUS CODE

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-98-105>

სეგმენტირებულ გამოსახულებაზე სეგმენტის მდებარეობის განსაზღვრის ალგორითმი

ოთარ თავდიშვილი	სახეთა ამოცნობის გამოყენებითი სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ. ჭავჭავაძის სახ. კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის ქ. 5 E-mail: otartavdi@yahoo.com
ზურაბ ალიმბარაშვილი	სტოქასტური ანალიზის და მათემატიკური მოდელირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ. ჭავჭავაძის სახ. კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ზ. ანჯაფარიძის ქ. 5 E-mail: prtebi@yahoo.com

რეცენზენტები:

თ. სულაბერიძე, სტუ-ის ვ. ჭავჭავაძის სახ. კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, ფიზიკა-მატემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი

E-mail: tamaz.sulaberidze@gmail.com

მ. ჩხაიძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mariam.chkhaidze@bk.ru

ანოტაცია. ციფრული გამოსახულების ანალიზის ამოცანა გამოსახულების სეგმენტაციის შემდეგ მოითხოვს თითოეულ გამოყოფილ სეგმენტთან (ობიექტთან) დამოუკიდებლად ოპერირების შესაძლებლობას, სეგმენტების საერთო რაოდენობის დადგენას და მათი მდებარეობის განსაზღვრას გამოსახულებაზე. ეს მოითხოვს გამოსახულებაზე გამოყოფილი თითოეული სეგმენტის კოორდინატების ცოდნას. ამ მიზნით შემუშავებულია ციფრული გამოსახულების არაპარამეტრული სეგმენტაციის პროცესში პიქსელების მაქსიმალური ბმული სიმრავლის – სეგმენტის გამოყოფის, მისი თითოეული ელემენტის კოორდინატების და შესაბამისად გამოსახულებაზე მთლიანი სეგმენტის მდებარეობის განსაზღვრის ორიგინალური ალგორითმი. ნაჩვენებია მისი მოქმედების შედეგები მაგალითების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: არაპარამეტრული სეგმენტაცია; კლასტერი; მატრიცული კლასტერი; მოდა; პარენის შეფასება; სეგმენტი; სეგმენტის არე; სიმკვრივის ფუნქცია.

UDC 004.9

SCOPUS CODE

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-98-105>

Алгоритм определения положения сегмента на сегментированном изображении

Отар Тавдишвили Департамент прикладных систем распознавания образов, Грузинский технический университет, Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе, Грузия, 0186, Тбилиси, ул. З. Анджaparидзе 5

E-mail: otartavdi@yahoo.com

Зураб Алимбарашвили Департамент стохастического анализа и математического моделирования, Грузинский технический университет, Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе, Грузия, 0186, Тбилиси, ул. З. Анджaparидзе 5

E-mail: prtebi@yahoo.com

Рецензенты:

Т. Сулаберидзе, кандидат физико-математических наук Института кибернетики им. В. Чавчанидзе ГТУ

E-mail: tamaz.sulaberidze@gmail.com

М. Чхаидзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: mariam.chkhaidze@bk.ru

Аннотация. Задача анализа цифрового изображения после сегментации требует возможности оперировать с каждым выделенным сегментом (объектом) независимо, определить общее число сегментов и положение каждого сегмента на плоскости изображения. Соответственно, это требует знания координат каждого выделенного сегмента на изображении. Это включает определение координат пикселей, составляющих сегмент. Рассматривается оригинальный алгоритм определения максимального связного множества пикселей - сегмента в процессе непараметрической сегментации цифрового изображения, координат каждого из его элементов и, как следствие, положения сегмента на изображении. Показаны результаты работы алгоритма на примерах.

Ключевые слова: кластер; матричный кластер; мода; непараметрическая сегментация; область сегмента; Парзеновская оценка; сегмент; функция плотности.

The date of review 27.11.2020

The date of submission 3.12.2020

Signed for publishing 29.03.2021

UDC 513.72

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-106-118>

Dynamics of the Dual Relationships

Sergo Dadunashvili

Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, Kostava Str. 75

E-mail: dadu@gtu.ge

Reviewers:

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

E-mail: project7@gtu.ge

K. Kamkamidze, Professor, Faculty of Informatics and Computer systems, GTU

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

Abstract. Nature creates its systems in the form of a sequence of hierarchy levels that unite many heterogeneous objects, based on dual relationships.

The article discusses the general principles of work and the manifestation of dual relations, as well as a measuring instrument for their functioning.

Key words: duality; manifestation; measurement; operators; relationship; structure.

Introduction

There are many viruses around a man, and they are much older than humankind is. It often happens that viruses are looking for a new field of activity and become dangerous for man. When a virus changes its natural habitat, crosses the interspecies barrier, and finds a man, many problems and risks arise. Why do cells show philia and love and begin to reproduce a virus? This is how duality works. The cell has its own genome. It acts as a scanner. If a fragment of specified external genetic

material gets into the genome's area, the cell will try to embed it into its genome. After all, if she survives, she may be more perfect. For example, a cell can process some chemical element that has not yet been absorbed, produce a new enzyme, and so on. When viruses embed their genetic material into the genome of host cells, the cell may acquire some new qualities, or not acquire, and even die. Nevertheless, cells always try to seize the genetic material they meet so that a more updated and perfect genome is transmitted to the offspring, which provides program-genetic control to her existence. Consideration of the described phenomena as dynamics of the dual relationship $\langle \text{virus (V)} | \text{cell (C)} \rangle$ allows obtaining a number of new results.

Main part

1. Operators

The main operators that regulate the whole life process of the universal object $\langle V|C \rangle$ are their application, assembly, multiplication and replication.

The application consists in superimposing new generations of viruses and cells on old ones, which in the temporal and spatial perspective takes on the character

of an innovative-routine evolutionary stratification. The application creates the basis for the progress and continuity of the generations of viruses and cells that are born in dual relations in various organisms in a changing environment. The application obeys the law of additivity. The results of the application can take curly multi-color forms, in particular for viruses, these are their crystalline states.

Assembling - mixing elements from one set.

Multiplication is about maintaining a variety of environments and resources for generic objects. Viruses travel through space and time to reach the cells that target them. The multiplication operators provide an increase in transport, communication, structural and functional diversity for both the environment and resources. Special instruments (multipliers) realize the quantitative distribution and amplification of the transmitted impact.

Replication consists in renewal, repetition of elements of the universal object $\langle V|C \rangle$, the meaning of which is to ensure accurate copying of hereditary information and its transmission from generation to generation. Replication, as well as other important communication processes in $\langle V|C \rangle$ - transcription and translation, is based on the matrix principle of synthesis and complementary interaction between pairs. All hereditary information necessary for growth, development, metabolism and reproduction is transmitted from the original to the copies in the form of the source code of their existence. In replication constantly ongoing evolutionary process of local innovations and interventions, as well as subsequent routines and conventions. Through the variability of the structure and functions of universal objects, the irreversibility of the time and space of life is realized.

The life cycle of operators of dual relations (DR), presupposes the number and forms of the combination of the main endogenous factors. It is preserved from generation to generation, while maintaining two types of division: one for the material formation of the "body" of viruses and cells of this generation in the process of normal reproduction (through quantitative growth), the other - through qualitative development, for the formation of carriers of their innovative generations. The

factorial and resource capabilities of a DR determine both the level of its development and its ability to create its own existence in a changing environment.

All nature is alive, both in whole and in parts. Beneficial and hostile influences come from all directions. Nothing is inactive, but, however, all actions and interactions of both things and beings are based on an active, sympathetic affinity within. Sympathy is a link to the previous one, its source is "engagement". "Engagement" leads to imitation, which is a condition for saving energy and resources. The versatility of imitation is also manifested in the effect of similarity, when similar objects experience similar effects. Breaking the chain of "engagement" leads to the collapse of DR.

In the integrity of the DR, opposites are complementary. The principle of complementarity is when two or more quantities together form one whole. The whole can be expressed by the sum of complementary parts or by their multiplication. For example, the energies of the two poles are additional, in total they will make up the total energy of the whole: $A_1 + A_2 = A = \text{Const}$. By increasing the energy of one plus, we automatically reduce the energy of another by the same amount. The same entity demonstrates a different type of additional dependence in the interaction. The pair is made by the resource of the A_1 and the action F_1 . Their multiplication (act γ), is a constant value for a given completely: $\gamma = A_1 \cdot F_1 = \text{Const}$. At the other pole of the whole, as a result of the similarity, there is a second unit with an inverse ratio of resource and action, but with the same constant: $\gamma = A_2 \cdot F_2 = \text{Const}$.

The first kind of complementarity is applicable to variables that are measured by the same measure. Such quantities are called additive. Variables related to the second kind of complementarity are multiplicative, qualitatively different, and it is not the sum that remains constant, but the composition. In mechanical space, additive and multiplicative complementarities look like completely different patterns. However, they are translated one into another by the operation of logarithm or potentiation, which confirms their "relationship" at the next level of reality.

The principle of complementarity is a fundamental law of universal significance in Nature. Ultimately,

similar restrictions in the interdependence of two quantities exist between states that are inextricably linked, but at the same time incompatible and are forced to replace each other in time. The duality of opposites of inseparable things and events, permeates all life processes. The fundamental nature of dual relations **DR**, universality and continuity in the existence of dual forms, their regularities of limitation and isolation, manifestations of their symmetry and asymmetry, characterize different facets of this fundamental essence.

In reality, the dual relations are a universal integral object (**UO**), the properties of which are unique. This is the basic essence that serves as a "matrix" with which "prints" are made in any spheres of existing, and thanks to this, everything is created according to a single plan. **UO** is the creator of all that is and carries its meaning. This is the proto-intelligence of all things, dispersed throughout the Existence. The form-forming individual principle determines the ubiquitous intelligent invariant, which carries the meaning of each object of Nature. Therefore, for the analysis, the ideal **UO** is taken, which manifests itself at any levels of the hierarchy.

From the point of view of the laws of limitedness and isolation, **DR** has a limited number of permissible states at each level of the hierarchy, which places **UO** within the boundaries of normativity. **DR** between the two parts of the **UO** completely affects both sides and concerns all areas of their activities in which duality manifests itself. In **DR**, the content of each part can change from simple to complex. As a result of sequential complication, there is a transition to the level of its ultimate complexity (level 1). The process of change can also go in the opposite direction, "from the complex to the simple." Because of consistent simplification, a transition to the level of proto-Essence occurs (level 0).

2. Dual Relationship Structure

Dual relationship (**DR**) is the vital axis of existing. The interrelation of parts **DR** is characterized by the unity and mutual complementarity of their boundaries. The inner unity of two mutually complementary parts characterizes the limit that reflects the intelligent design of creation. Every time when the formation of an

integral boundary is completed, it is renormalized. The measure of the border is always outside the considered **DR** and carries restrictions on the limits of change in the values of the **DR**.

Any relation has its own measure and its own designated direction in "space-time". The measure ensures the self-sufficiency of the relationship. The object type is already set at the zero level. The levels in relation are balanced relative to each other and form the "instrument of assessment" of the (**DR**). Each level, in relation to the adjacent one, is characterized by a negative dimensionality of relations. This algorithm reflects the principles of forming boundaries at all levels of organization of **DR**.

The Unified Formula of the Unified Law (Φ) of **DR** is based on the fundamental concept of a universal object - $\{\mathbf{UO}\} = \langle \mathbf{X}_1 | \mathbf{X}_2 \rangle$, which consists of two parts: \mathbf{X}_1 and \mathbf{X}_2 . Symbol "|" means **DR** is being investigated. To indicate the state of the relationship, angle brackets of the form $\langle \mathbf{X}_1 | \mathbf{X}_2 \rangle$ for the statics of the relationship and $\rangle \mathbf{X}_1 | \mathbf{X}_2 \langle$ for the dynamics of the relationship are used.

UO does not carry a "subject aspect", the subject of research is not Objects and (or) Subjects, but the relationship between them. All **DR** of any nature have common basic properties. These properties are characterized as "external" and "internal". In **DR** with external duality (\uparrow), two of its mutually complementary aspects are observed at once. This attitude is called "manifested." **DR** with internal duality (\downarrow) characterizes the unity of the external and internal aspects of the dual relationship. This attitude is called "un manifest".

In **DR** with external duality, the category "Measure" reflects the degree of balance of the elements of the relationship. It characterizes the measure of the interpenetration of the parts of the dual relationship into each other. Sense **DR** with internal duality is determined by the external border of the "final limit" serving as a unit measure of internal relationship. Because of this, **DR** with internal duality is normalized and is characterized by a complete balance of the relationship as a whole. For such **DO**'s, the number one is the largest quantitative estimate.

Two procedures represent the natural operating mechanisms in **DR**. Reflection and mapping of the subset \mathbf{X}_1 into the subset \mathbf{X}_2 are the rules according to which

each element of the subset X_1 is associated with an element of the subset X_2 .

Because of the operation of reflecting the corresponding external duality, the object changes its appearance, which is analytically fixed by a change in sign:

$$\phi: X_1 \rightarrow X_2 \text{ and } X_1 = -X_2$$

As a result of the display operations the corresponding internal duality, the object is reborn and receives an otherwise existence.

$$\psi: X \rightarrow Y \text{ and } X = Y^{-1}$$

The mapping that assigns to each element (Y) its preimage $\psi^{-1}: Y \rightarrow X$ is called inverse for the mapping ψ . Balance **DR** and the integrity of the object, suggests that between the poles of internal duality there is an inversely proportional relationship of the form:

$$\frac{X}{1} = -\frac{1}{Y} \text{ and } \frac{Y}{1} = -\frac{1}{X} \quad (1)$$

Those "turned inside out" "Y" is reborn into "X", and "X" "turned inside out" becomes like "Y". This is how the levels of existence and otherwise existence are connected. At the same time, **DR** is not violated; it becomes external, and acquires other, mutually complementary properties:

$$(+X) = (-X) \text{ and } (+Y) = (-Y)$$

The minus sign in these expressions determines not the equality of positive and negative numerical values, but their poise balance.

Formula (Φ) of Evaluation of the Participants of the Relationship (1) can be used to determine the quantitative and qualitative Measures of the balance of any objects, regardless of their nature. This formula allows to give a qualitative assessment of the essential and functional aspects of **UO**. However, with such an "assessment" (**DR**), the concepts of "identity" and "equality" may differ from the generally accepted ones. They have a deeper meaning, reflecting the laws of conservation of symmetry **DR**.

3. Principles of Dual Relationship's Conservation

Any phenomenon in Nature and in society has not only two extreme discrete static manifestations of the "better-worse" type, but also four dynamic manifestations in two pairs of qualitative-quantitative asymmetries. They clearly and definitely reflect the unity of level and

measure and show their complementarity "in IMAGE and LIKENESS".

The laws of preservation of symmetry in a dual sense reveal the principle of operation of its natural operating mechanisms. **DR** with external and internal duality are characterized by invariant transformations.

The law of conservation of dissymmetric of the dual relation (α -invariance) operates at each level: For the variables (x_i) at the zero level, the following relation is valid:

$$\langle x_1 | x_2 \rangle = -\langle x_2 | x_1 \rangle$$

For variables (y_i) at level 1, the following relation is valid:

$$\langle y_1 | y_2 \rangle = -\langle y_2 | y_1 \rangle.$$

These relations are related as "right" and "left", characterizing the integrity of the external **DR**. Due to this polarity, when the value of one-pole **DR** changes, the other pole also changes its value. α -invariance is the result of the law of reflection and characterizes of dissymmetric (left becomes right and vice versa, right becomes left).

If we associate the action $F(x_1, x_2)$ with the relation $\langle x_1 | x_2 \rangle$, and with the relation $\langle x_2 | x_1 \rangle$ the action $-F(x_2, x_1)$, an additional to action $F(x_1, x_2)$, then obtain a new relation in which the action of objects on each other has the character of interaction:

$$F_{XX}(x_1, x_2) = -F_{XX}(x_2, x_1) \quad (2)$$

Actions with which objects act on each other are always equal in magnitude, oppositely directed and act along the straight line connecting these objects.

Resource conservation law of the symmetry of the dual relation (β -invariance).

The designation $\langle X | Y \rangle$, already initially characterizes the mutual complementarity of the "poles of the dual inter level relationship", which is characterized by the law of conservation of the symmetry of the exchange of resources (energy, charge):

"What decreases from one "pole" (X or Y) will be added to another "pole" (Y or X) ".

β -invariance metamorphose "external to internal, and internal to external." Those, the contents of objects and subjects are "turned inside out". This procedure for a dual inter-level relationship, taking into account the

reciprocity of the corresponding actions, can be written in the following general form:

$$F_{XY}(X) = F_{YX}(Y)^{-1} \quad (3)$$

This identity means a balance between external and internal actions, balancing the "external" and "internal" environment of objects and subjects of any nature. Here, the expressions on the left and right sides get different dimensionality, reflecting the law of resource inversion (reversibility).

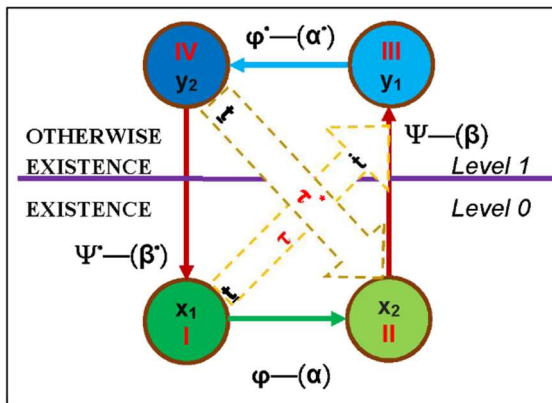


Figure 1 Circuit

Operating mechanisms in a dual relationship represent sense the form of a circuit diagram shown in Fig. 1. Consider the processes occurring in it.

- α -invariance characterizes dissymmetric - left becomes right and vice versa, right becomes left. As a result of the reflection operation, the object changes its appearance and gets an idea, which is analytically fixed by changing the sign.
- β -invariance transforms the external into the internal, and the object receives otherwise existence.

In Figure 1, when "reflected" and "turned out", the pairs change the colors of their components. The uniform color of the shape of the components indicates their common origin.

The law of combined conservation of the symmetry of the (DR) ($\alpha\beta$ -invariance).

If identity (3) is combined with the previous one (2), then the general law of symmetry conservation is obtained, in accordance with which tool of DR works:

$$F(X) = -(F(Y))^{-1} \quad (5)$$

On the other hand, expanded DR (X|Y) and using the variables at the appropriate levels, get:

$$\text{Reflection} \rightarrow \frac{x_1}{x_2} = -\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^{-1} \quad (5)$$

Recovery

This is the formula (Φ) conservation of the DR. According to the obtained expression, works the "assessment tool", which determines the balance of relationships between the poles of any nature DR. Thus, the invariant transformations contents determine the work of "assessment tools" of DR.

The static expression of the Law of conservation of DR for the "assessment tool" reflects the balance of measures (y) and corresponding actions (x), which, according to (5), is written in multiplicative form as:

$$(x_1 \times y_2) = -(x_2 \times y_1)$$

The law of the tool - "lose in action - win in resources, win in action - lose in resources", manifests itself in full at all stages of activity of DR. In the instrument of DR, balance is achieved by compensating for various measures by finding the corresponding positions with adequate resources.

Whenever there is an equilibrium relationship between the left and right sides of the instrument:

$$\left[\frac{F(X)}{1}\right]^{+1} = -\left[\frac{1}{F(Y)}\right]^{+1} \quad (6)$$

action is normalized, that is, they are characterized by a single measure:

$$F(X) \times [F(Y)]^{-1} = -1$$

The universal law of conservation the symmetry of the dual relation ($\alpha\beta\tau$ -invariance) is obtained by replacing in the above formula (6) the "unit" relation by the "systemic" one:

$$\left[\frac{F(X)}{\tau(t_0, t)}\right]^{+1} = -\left[\frac{\tau(t, t_0)}{F(Y)}\right]^{+1} \quad (7)$$

Time (τ) is used as a Measure. Already from the meaning of the dual category "Measure" it follows that the category "Time" is also characterized by duality and mutual complementarity. In expression (7), on the left side, time is directed "outside", and on the right side - it is directed "inward".

The formula (Φ) explains the interconversion of the "four elements" during rotating invariant transformations in the circuit (see Fig. 1) and is written as the following equality:

$$\frac{\left[\left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta^*}{\alpha^*} \right)^{-1} \right]}{\tau} = - \frac{\tau^*}{\left[\left(\frac{\alpha^*}{\beta^*} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{-1} \right]} = - \frac{\left[\left(\frac{\alpha}{\beta \rightarrow \max} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta^* \rightarrow \max}{\alpha^*} \right)^{-1} \right]}{\tau} = - \frac{\tau^*}{\left[\left(\frac{\alpha^*}{\beta^* \rightarrow \min} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta \rightarrow \min}{\alpha} \right)^{-1} \right]}$$

This formula reflects the statics of equilibrium of conservation laws at $\tau = \tau^*$.

The unified law of DR indicates that as long as the duality persists, the symmetry conservation law ($\alpha\beta\tau$ -invariance) DR is not violated. They move from one form of conservation to another.

In this Equation, time on the left side flows from the "Past (\dot{t})" through the Present (τ) to the "Future (\dot{t})", and on the right side, on the contrary, from the "Future (\dot{t})" through the Present (τ^*), in the "Past (\dot{t})". This means that the time on the left and right sides is reversible in relation to each other. It plays the role of a Measure and determines the direction of self-regulation processes. The formula expresses the unity of the two levels and the meaning of the duality of time. Integrity of **UO** is characterized by the unity and complementarity of its two levels. The meaning of this postulate and the order of activity **DR** are illustrated in a rotating circuit in Figure 1.

The manifestation of each species **DR** has a Single Measure and a Single intelligent design, imprinted on each specimen of the species. The intelligent design of the future creation is stored in the unmanifest **DR**, for all other components **DR** are determined in fractions of the unit by which it is evaluated. This is the most important property **DR** with internal duality.

A measure modulo can have three values. If the Measure is equal to one, then the border of **DR** is completely balanced with its own intelligent design and is stable. In other cases, **DR** will either disintegrate or transform into a more complex formation. If the balance is disturbed, the balancing process begins.

For the occurrence case:

$$\text{Measure (M)} = \left| \frac{\tau}{\tau^*} \right|^{+1} > 1$$

at using the resource, optimal self-regulation of the relationship between the four "elements" will follow the expression:

This expression characterizes the process of transformation of the intelligent design into a formalized materialized object.

For the case:

$$\text{Measure (M)} = \left| \frac{\tau}{\tau^*} \right|^{+1} < 1$$

the reverse process of dematerializing the relationship between the four "elements" follows another expression:

$$\frac{\left[\left(\frac{\alpha}{\beta \rightarrow \min} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta^* \rightarrow \min}{\alpha^*} \right)^{-1} \right]}{\tau} = - \frac{\tau^*}{\left[\left(\frac{\alpha^*}{\beta^* \rightarrow \max} \right)^{+1} = - \left(\frac{\beta \rightarrow \max}{\alpha} \right)^{-1} \right]}$$

In this expression, forward and backward time is not balanced, and the "excited" circuit generates changes in the proportions of the four "elements" that determine a new stable state. The formula directly shows the situation in which a violation of the conservation law can take place: a violation of the absolute conservation law **DR** can occur when **UO** goes beyond its own systemic (time) limits of existence.

The patterns described above reflect the initial four "elements", the four foundations of the source code of Being **UO**, generating their own "space-time". But the fourth "element" is not necessarily time. Other system variables of any nature can be used as it. The fourth "element" reflects the "measure" and "systemic meaning" of the 3-dimensional space of existence. During the invariant transition to the "other space", the self-correction of its own "content", "goal" and "measure" takes place.

4. Dual Relationship Manifestations

The dual relationship (DR) of reality forms can be reduced to the following types:

"Object-Object", "Subject-Subject", "Object-Subject".

"Object-Object" and "Subject-Subject" represent relationships with external duality. "Object-Subject" represents a relationship with internal duality. The relationship between the Object and the Subject is that an object with a structured resource manifest it explicitly. The subject, being structureless, carries a message (offers) about this resource. This is how the coherence and unity of the structural and functional aspects of the relationship is manifested.

Four components of DR are:

- OBJECT (x_1) is a part of objective reality {X}.
- SUBJECT (x_2) is a physical image that coincides with its content category, the likeness of an object. The Subject expression carries all the properties of the real object, but is not the original Object.
- IDEAL IMAGE (y_2) is the Measure of the Object in the subjective reality {Y}. The image is in another being and is otherwise existence with an independent content - an intelligent design. It is a pure subject of natural idealism.
- IDEAL IMAGE (y_2) is the Measure of the Object in the subjective reality {Y}. The image is in otherwise existence, with an independent content - an intelligent design. It is a pure subject of natural idealism.
- LIKENESS IMAGE (y_1) - these are congenital properties of an object, representing a memory (seed) in which all previous revivals and all future offspring of the object are stored.

The highlighted components are key. They represent different poles of one holistic UO. The essence of these four components is revealed using the following scheme (Fig. 2). The diagram shows the real work processes of DR <Object|Subject>.

"0" -level – Substantial reality. Variety of corporeality. Physical actions and their limits.

"1" -level - Ideal actions, work - individual and social thinking. The rational latent beginning as intelligent that knows about the "0" - level.

In the (Fig. 2), level 0 corresponds to objective reality. The concept of "Measures" represents the relationship between the two poles of subjective reality at level 1. Manifestation "by Image and Likeness" corresponds to the Law of Evolution DR and reflect the principles of natural operationalization. The figure shows the content operands DR - F_{xy} and F_{yx} : there can be no object (x_1) without the image of the object (y_2) and likeness of the image (y_1) without the subject (x_2).

If the external relation $\langle x_1 \uparrow x_2 \rangle$ at level 0 is identified with the evolution of the Object (F_{12}), and the external relation at level 1 $\langle y_1 \uparrow y_2 \rangle$ is identified with the work of the Subject (F_{21}), then the relationship in the "assessment tool" evaluating the relation <Object|Subject> will be represented by an identity:

$$\left(\frac{\text{Object}}{\text{Measure of object}} \right)^{+1} = - \left(\frac{\text{Measure of subject}}{\text{Subject}} \right)^{-1} \quad (8)$$

Identity is composed in such a way that nothing can be rearranged without violating the content of DR and the content of proportion.

Algorithm is an instruction that includes a certain order of final actions performed to solve the problem. Algorithm - a scheme for implementing an idea. Program is a record of a sequence of instructions for realization of an idea by concrete tools - instrumentality.

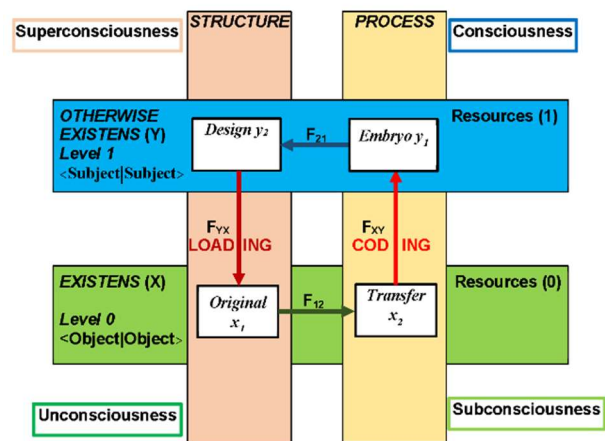


Figure 2. DR <Object|Subject>

The diagram in Fig. 2 shows the similarity of the forms of direct and inverse proportions forming the channels of penetration to levels 0 and 1. However, these proportions are ambiguous and have different meanings. The measure of transformation of the external relation $\langle x_1 \uparrow x_2 \rangle$ at level 0 shows the degree of balance between the Object and the Subject. If this Measure is not a single one, then it determines distortions in the relationship of the $\langle \text{Subject-Object} \rangle$ pair. These distortions will be present at all levels of materialization of the intelligent design, giving rise to defects in the created object.

A similar transformation of the external relation $\langle y_1 \uparrow y_2 \rangle$ will also occur at level 1 of the scheme, when the pair $\langle \text{Measure of object } (y_2) - \text{Measure of subject } (y_1) \rangle$ functions. The measure of balance always stands outside the considered dual relationship, performing the functional role of regulation, control and management of evolutionary processes. It determines the area of the relationship $\langle \text{Object } (x_1) \mid \text{Subject } (x_2) \rangle$ and characterizes its system parameters. At the same time, **DR** determines the content, the goal, and the measure of the process.

The essence of subjective reality is INFORMATION (**I**), which evaluates the ideal image of an OBJECT. Information, carrying the properties of an Object, is not an Object itself. It is located outside its poles and characterizes the degree of their balance and the laws of reflection and reflection between them. The function of information is to be a measure of the manifestation of these poles. The category "Measure", being universal, is applicable to objects of any nature and is expressed by information (**I**). "Incorporeal" **DR**, which is defined as information, is used at measurement "conversion rate" of an Object into a Subject and vice versa. If the outcome is unity, there is a complete and adequate picture of balance between the Object and the Subject. Otherwise, the phenomenon of "information defect" arises. The main principles that are used in such measurements are the laws of conservation of these relations.

On the one hand, information characterizes a real Object that manifests its material properties. Information, carrying the properties of this object, thereby becoming an object of information. On the other hand, it acts as the

subject of information, *coding* the reflected by means of the laws of display. Accordingly, information exists in two forms - manifested information (Information Object) and non-manifested (encoded) information created by a functioning information subject.

The content of the "primordially" basic code words, represents a beginning that never existed, but which always exists as a "beginning", as a "principle". The "primordial" is by no means the past, but rather the future. It is an active sympathetic means from within and is not comprehended as a meaning, but it is built into and inserted into the internal order of its alphabet.

Information is used in two ways, both for the materialization of the Object, and for its dematerialization (encoding). Dematerialization characterizes the process of regeneration of the Information Object into the Information Subject (into the seed), and then its reflection into the Image (the intention of the future Creation). The reverse process of materialization of an Object - creation, comes from the Image, which carries its intelligent design within itself. Thus, in subjective reality, a feedback loop (**FB**) is formed, due to which the processes of materialization and coding in **DR** are stabilized.

The nature of the processes occurring in **DR** reveals the meaning of the concepts of materialization and coding. For a specific external relationship $\langle \text{Object} \uparrow \text{Subject} \rangle$, based on (8), obtain expression is:

$$\frac{x_1}{x_2} = - \left(\frac{y_2}{y_1} \right)^{-1} = \mathbf{I} \quad (9)$$

Relationship between the manifested Information Object and the Information Subject show in Fig. 3. The measure of the formed FB chain includes the measure of materialization and the measure of coding. It characterizes the processes of balancing and stabilization in an assessment tool that manifests the fundamental role of Information. Information acts as a catalyst for the relationship between the Object and the Subject of information within a certain quality, fixed in the contour $\langle (x_1 \rightarrow x_2) \mid (y_1 \rightarrow y_2) \rangle$. In this case, the conversion of Information (materialization, dematerialization) is carried out in accordance with the laws of conservation.

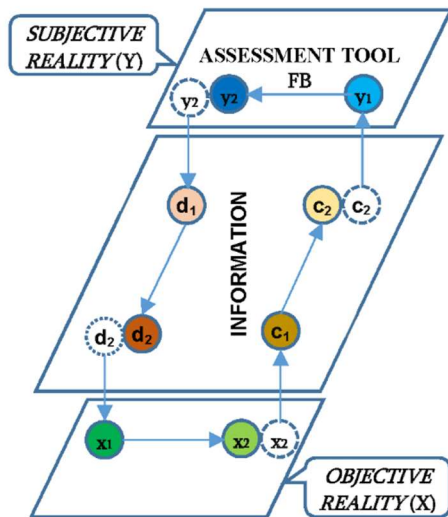


Figure 3. "Incorporeal" DR

In figure 3 intermediate modes (*not yet* and *no longer*) are designated by a dotted circle.

- ❖ α -invariance leads to the fact that at the level "X", the object becomes no longer (x_1), but its mirroring (x_2), is not yet "Y".
- ❖ β -invariance maps " x_2 " to (y_1), for this the object is transferred to an intermediate information level, subjected to coding "C", and it is no longer "X", after which it gets to the level "Y".
- ❖ α^* -invariance leads to a mirroring (y_1) in (y_2), that is, the object becomes further like (Y).
- ❖ β^* -invariance maps " y_2 " (Y) to "X" (x_1). First (y_2) gets to the intermediate information level, that is, the object is no longer "Y", decoded by "D" and returned to being.

The most important thing is beginning to keep this "not yet" ("almost"). From "almost" to "already" there is sometimes an insurmountable distance during life (in time and/or in space).

The dimension of the Measure is not directly "manifested" however, it carries limitations on the limits of change in the values of the DR and can change the direction of traversing the contour to the opposite. The closed loop forms the infrastructure conducts the evolution of the intelligence. At the same time, the four elements are manifested at all levels of the hierarchy of the intelligence

and their relationships correspond to the laws of conservation symmetry. The embeddedness of an object in a contour indicates that intelligence and matter are interconnected, one exists only for the other, both appear and disappear together, and one is only a reflection of the other. In fact, they represent the same entity viewed from different points of view. The consideration includes not only the subject, but also space, time and causality, which depend on how the subject is defined.

The subject's consciousness is manifested when it interacts with objective reality through information. Information, as a functioning subject of relations, is a mediator with objective reality. Consciousness manifests itself in work and at the end of which it disappears. As a result of work, an image of an object is formed and shown to the subject.

Consciousness manifests itself as a unity of its structural and functional aspects. The structural aspect of consciousness reflects events adequate to it, which are perceived at the level of sensations. The functional aspect of consciousness reflects certain changes associated with each event. The principle of long-range action means a resonant exchange mode, in which distances and time are rolled up into a unit.

The rotating contour manifests consciousness in the four elements. The manifestations of consciousness in the circuit occur in accordance with the laws of conservation. Consciousness without an object is not consciousness at all. If the attributes of non-local and local behavior are used in the description of consciousness, then reflection, long-range action and other effects that look anomalous from the point of view of locality are possible for "non-local" consciousness. The mind without consciousness loses these properties [1].

Consciousness can bring information into the surrounding reality by spreading the results of disclosure and cognition of relationships. Everything social belongs to the area of "consciousness", which is much broader than the realm of the social itself. These are not spontaneous processes; consciousness has its own Measure, which completely determines the direction of the evolution of life.

Knowledge is a real-life resource. This resource is the

life-giving core of the "four elements". Knowledge is transformed into the Unified Knowledge (Unit), which then goes again to "be fruitful and multiply". "Rotation" in the contour and the process of cyclic renormalization of Knowledge are determined by the Unified law of evolution of "space-time".

The unconscious is the most important factor in existence and represents a powerful force that opposes consciousness. It is beyond consciousness. Among the unconscious drives, there is also an innate tendency to destruction and aggression, which finds its ultimate expression in the "death instinct" opposed to the "life instinct".

The subconscious mind operates with local sensations, emotions and feelings. This is the units of the program by which the consciousness operates.

Super consciousness is the ideals of all kinds and types of life, "crystallized" ideals and norms of society. The supra-individual "general significance" in the individual is the result and expression of his psychophysiological organization.

The categories sub consciousness (P), unconsciousness (B), consciousness (C) and super consciousness (N) represent four complementary "elements" of the information space, which speak different languages.

5. Assessment Tool of Dual Relationship

Dual relationship (DR) is the universal encoder for everything. The ideal sign character $\{0; 1\}$ represents the alphabet of exactly the "code" that is ubiquitous. Omnipresence and unity do not mean uniformity. A universal object (UO), like an encoder, stands at the crossroads of all paths along which the processes of materialization and dematerialization take place. It has an adequate mechanism for carrying out such transformations and rebirths. Its alphabet $\{0; 1\}$ is always and everywhere applicable to both the "input" and "output" of elements. Since the duality is the most fundamental regularity of existence and is reflected in properties of DR, its Law characterizes changes in the properties of any self-sufficient DR, regardless of its nature.

The systemic properties of the assessment tool are manifested when, as a result of the "closure" of the "output y_2 " of this circuit to the "input x_1 ", an am-

phiphilic unification of levels occurs. The process of materialization begins and holistic object, with the unity of structure and function, appears. By closing the "output" of the last element to the "input" of the first, the dual relation leads to periodic variability DR, generates a closed cycle of transformation of this ratio and its cyclic renormalization.

Only after completing a circumvolution in the loop, at the moment of "binding" of the Last element to the First, there is return to level 0, to the source of the cyclically repeating "rotating" process. The initial element at level 0, being controlled from level 1, generates a qualitatively new object in each period. When the output of the last element becomes the input of the first, then at this moment, the synthesis of a more complex structural form is carried out and a new function is created.

The unity of the essential (structural, discontinuous, local) and functional (structureless, continuous, nonlocal) aspects of matter and the multilevel formation of this unity allows us to reveal the nature of the closure of the essential beginning (root cause) at the end (consequence of consequences). The unity of discontinuous and continuous spaces characterizes the duality of any proper space. Therefore, the initial DR of any proper space can rightfully be called relationship $\langle \text{local}|\text{nonlocal} \rangle$. The local space defines the Information Object, and the non-local space is already the Information Subject. Information is always dual and carries in itself the memory of both the Information Object and the Information Subject. This is that otherwise existence in which matter disappears and from which it is reborn.

The assessment tool contains intelligent design of the formula (Φ) of existence life DR. Any DR is "measured and balanced" by the assessment tool and described by the Formula (Φ). The instrument consists of two parts, which are related to each other as "external" and "internal" [2]. These parts are proportional to each other and balanced relative to each other in the process of objective and systemic interaction (see Fig. 4). The formula (Φ) reflects not the functional dependencies between the four components of the instrument, but the operations of balancing the relationship between them. The tool characterizes the universal law of conservation of resource.

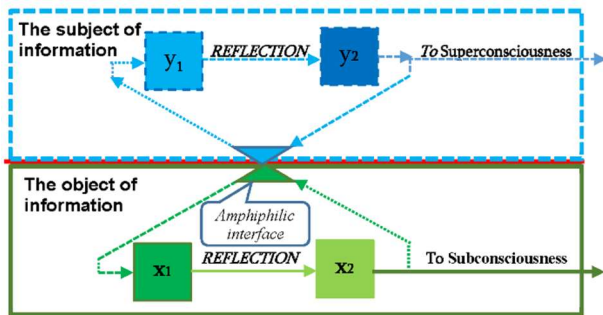


Figure 4. Assessment Tool

Block diagram shows an integral two-level object $\{O\} = \langle X | Y \rangle = \langle \langle x_1 | x_2 \rangle | \langle y_1 | y_2 \rangle \rangle$. The tool has cross-feedback (FB) that provides the process: "Last (y_2) becomes first (x_1)".

Conclusion

Information is a measure characterizing the "conversion rate" in relation to $\langle X | Y \rangle$. From the physical side, it appears as an object of information (x_2). In other-being, it acts as the subject of information (y_1). Objects and subjects of information form an information space. As a result of their activity, space is formed with its own alphabet of symbols and its own single language. Objects of information participate in this process as imprints of physical signals of the original object $\{O\}$. They are

similar to the original object, and are its symbolic representation and define the alphabet of the information space. Information subjects participate in this process as derivatives of the original alphabet, which define the words and language of the information space, based on which composition is created, in the form of a similarity of the likeness image (y_1) and ideal image (y_2) of the original object $\{O\}$.

The principle of complementarity and complementarity operates between the levels of reality. Their mutual mapping occurs. The object's expression is transformed into a physical image representing the likeness of the object. When it is projected to the next level, the physical image is turned inside out and it is dematerialized into a likeness of an image, which, being reflected from the screen of consciousness, is transformed into the ideal image of an object. The image of an object is projected onto the physical level by materialization in an amphiphilic interface and turns into a perceived image of the object. The information objects which are in an objective reality, are put in conformity with information subjects which are in a subjective reality, that is *code prints*, on the basis of complementary codes of a subjective reality. The corresponding print serves as the code image of original object [3-7].

References

1. S. Dadunashvili. System Pattern of Consciousness Functioning - International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics. Riga, **Springer**, IFMBE Proceedings 38, p. 5-10. (2012). (In English);
2. S. Dadunashvili. System formation models in biosphere and a noosphere. - Tbilisi. Proceedings of the Georgian Technical University, №3 (414), p. 224-232. (1997). (In English);
3. S. Dadunashvili. Bio signals Processing in the Structural Levels of Body - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Beijing, **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 39, p. 581-584. (2012). (In English);
4. S. Dadunashvili. Becoming of Ubiquitous Sensors for Ubiquitous Healthcare. – World Congress on Medical physics & biomedical Engineering. Toronto, **Springer**, IFMBE Proceedings, IUPESM 2015, Pages 1416-1418. (2015). (In English);
5. S. Dadunashvili.. Multilevel Signal Processing for Biomedical Nanodevices. – **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 55, p. 329-331. (2016), (In English);
6. Bar-On Yinon M., Flarnholz Avi, Phillips Rob, Milo Ron, SARS-CoV-2 (COVID-19) by the numbers. **2020**. (<https://bit.ly/2WOeN64>). (In English);
7. S. Dadunashvili. Medical Expert System with the Properties of Artificial Intelligence - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Prague, **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 68/1, p. 315-319. (2018), (In English).

UDC 513.72

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-106-118>

ორადი ფარდობის დინამიკა

სერგო დადუნაშვილი ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: dadu@gtu.ge

რეცენზენტები:

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

E-mail: project7@gtu.ge

კ. კამკამიძე, სტუ-ის ინფორმატიკის და კომპიუტერული სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

ანოტაცია. ბუნება ქმნის თავის სისტემებს იერარქიის დონეების თანამიმდევრობის სახით, რომელებიც აერთიანებენ მრავალ ჰეტეროგენულ ობიექტს, ორადი ფარდობების საფუძველზე.

სტატიაში განხილულია ორადი ფარდობის მუშაობისა და მანიფესტაციის ზოგადი პრინციპები, აგრეთვე ამ ფუნქციონირების საზომი ინსტრუმენტი.

საკვანძო სიტყვები: გაზომვა; მანიფესტაცია; ოპერატორები; ორმაგობა; სტრუქტურა; ურთიერთობა.

UDC 513.72

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-106-118>

Динамика двойственных отношений

Серго Дадунашвили Департамент электротехники и электроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: dadu@gtu.ge

Рецензенты:

Г. Дгебуадзе, профессор факультета энергетики и телекоммуникации, ГТУ

E-mail: project7@gtu.ge

К. Камкамидзе, профессор факультета информатики и компьютерных систем, ГТУ

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

Аннотация. Природа создаёт свои системы в виде последовательности уровней иерархии, которые объединяют множества разнородных объектов, на основе двойственных отношений.

В статье рассматриваются общие принципы работы и проявления двойственных отношений, а также измерительный инструмент их функционирования.

Ключевые слова: двойственность; измерение; операторы; отношения; проявление; структура.

The date of review 13.11.2020

The date of submission 14.12.2020

Signed for publishing 29.03.2021

UDC 513.72

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-119-135>

Control in the Space of Life

Sergo Dadunashvili

Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, Kostava Str. 75

E-mail: dadu@gtu.ge

Reviewers:

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

E-mail: project7@gtu.ge

K. Kamkamidze, Professor, Faculty of Informatics and Computer systems, GTU

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

Abstract. Life manifests itself as a purposeful positive selection. Living, as a procedural, unmanageable itself to the usual methods of analysis. The answer to the question of how life is arranged and what a living system is based on in reality is an urgent task.

The article discusses the general principles of work and the manifestation of dual relations in the space of life, taking into account cosmo-physical and geophysical factors, using the example of the relationship between the virus and the cell.

Key words: cell; duality; relationship; structureless control; virus.

Introduction

An outbreak of pandemics is not just an accident, but a coincidence, it is always a unique situation that is caused as a result of a change in the state of the environment, in which the organism finds itself in new conditions of interaction with other living beings. There are

a lot of viruses around a man, and they are much older than mankind. It often happens that viruses are looking for a new field of activity and become dangerous for man. When a virus changes its natural habitat, crosses the interspecies barrier, and finds a man, many problems and risks arise.

How does the virus work? It doesn't feed, it doesn't generate energy. The virus does not multiply by division like cellular organisms. It does nothing at all, except for replicating. The virus uses the cells of the organism it has entered, if it is specific and dual to these cells. Each virus has its own characteristic, which it uses to embed into the cells of a living organism, and this interaction determines what the infection will lead to. How a virus is protected globally and locally depends on its nature and how the virus spreads. First, it is transferred to the living cell, attaches to it, and then is embedded in the cell. When the genomic nucleic acid of the virus is “undressed” from the envelope, replication of the viruses begins through protein synthesis. The cell repeatedly reproduces the genome of the virus and, in parallel, the protein for the envelopes of the virus copies. When new genomes “dress” in their protein, replicated viruses are

released into the intercellular space and the original cell most often dies.

If the virus is not cell specific, then embedding will not occur. Why do cells show philia and love, and begin to reproduce a virus? This is how duality works. The cell has its own genome. It acts as a scanner. If a fragment of specified external genetic material gets into the genome's area, the cell will try to embed it into its genome. After all, if she survives, she may be more perfect. For example, a cell can process some chemical element that has not yet been absorbed, produce a new enzyme, and so on. When viruses embed their genetic material into the genome of host cells, the cell may acquire some new qualities, or not acquire, and even die. Nevertheless, cells always try to seize the genetic material they meet so that a more updated and perfect genome is transmitted to the offspring, which provides program-genetic control to her existence. Consideration of the described phenomena as dynamics of the dual relationship <virus (V) |cell (C)> allows obtaining a number of new results.

Main part

1. Structureless Control

How is life arranged and what is the basis of a living system in reality? Life, like a stream, does not give in to usual receptions of the analysis. In the biosphere, life is the way nucleic acids exist. One of the variants of existence of nucleic acids is viruses, which need other organisms for life. They do not care at all about their well-being, but only try to adapt to their environment, like all organisms on the planet.

Negative selection is the controlling mechanism of life's activity. Adaptation acts as the biological equivalent of proto-intelligence. The role of the environment is to preserve or destroy life. This excludes the absolute internal causality of life, which cannot be reduced to external causes. The task is to achieve high accuracy of control over the change in the parameters of the internal and external environment of a living system. Everything that happens around is the diversity and complexity of its manifestations, its transformation of forms, and its renewal by

the generation of itself, and all metamorphoses are observable, but invisible to ordinary vision.

The main principle that determines the functioning of life at any level is the competitive interaction of autonomous, uncorrelated actors - members of a certain population. This is the principle underlying structureless control. Its algorithm is realized without use of an external organizational structure. Working tools in structureless control are created based on such factors and technologies that can influence participants through activity patterns, stereotyping, fear, pressure, use of natural needs, etc. Technologies for structureless control of elements without an external structure, i.e. not bound by any obligations and not receiving directive commands and not knowing each other until the moment of control.

Initially, extreme (polarized objects) are cultivated, which are in tough opposition. This process has a special quality, all who are in front of the process are involved in it without knowing it. Thus, objects are involved in certain events, as a rule, these events are informationally significant for object. Further, an address-less information module (virus) is launched for everyone who directly perceives the reality, has a direct reflection of information that fits into the real-time scale. This is certain information that elements pick up and transmit further beyond the conditional boundaries of coverage. Elements pick up and convey information because of their interests and the interests of its group.

The term "super-system" has been chosen to indicate a system that contains a multitude of embedded system elements. If the spread of the launched information module is predictable, then a nonzero probability may arise that a certain number of elements of the super-system based on their own self-control, but under the influence of the distributed information module, will themselves fold into structures.

1. The number of structures can be from one to many, but each of the structures will carry a control algorithm that works to achieve the goals associated with the launched information module.

2. The goals associated with the launched information module will be achieved, but the structures that will ensure the achievement of these goals will be formed in

the process of structureless control and after they are formed, each of them will begin to work in the already structured control mode.

3. The established structures can compete, some of the structures may fail to achieve the goal, some of them will achieve the goal, but one way or another the structureless control, started with the help of the information module in the probabilistic and statistical sense, will lead to the goal.

4. Structureless control is built on the basis of the information that is already present in the memory of at least a certain proportion of the elements that make up the super-system in which the information module will be distributed.

5. If there is no information and algorithmic stereotypes for the response of elements included in the super-system for the actions planned in the information module, then the information module simply will not find a response.

6. Structureless control begins immediately if there are response stereotypes in the memory of the elements, which allow the implementation of the appropriate algorithm and achieve the goal, adequate to the information disseminated by the module.

The guide for the progress of the process is what is commonly called the "information environment", the information infrastructure in which the current data of the elements is exchanged.

In the process of control, the closed system and its part - the control system - form a structure determined by the vector of goals and bearing the concept of control as a component of its objective function. The quality of control is ensured by two factors:

- the architecture of the structure, i.e. functional load of its elements (including data exchange channels) and ordering (organization, hierarchy) of elements in the structure;

- performance characteristics, functional suitability of the elements included in the structure for the implementation of the functions assigned to them (the level of complexity of the elements).

Structureless control is possible in super-systems, which consist of many similar, in a sense, elements to

each other. Each of the elements of the super-system has the ability to memorize information passing through it and transmit information in a probabilistic manner to other elements included in this set; that is, the set can have forward and backward mapping processes. The behavior of the elements of this set is determined by their internal informational-algorithmic state.

Circular dissemination of information (that is, the same information passes through many elements), subject to certain statistical characteristics and various assessments of the possible course of events, carries a probabilistic predetermination of changes in the information state of the memory of the elements of the set. Such a change leads to a change in the statistical characteristics of the self-government of the elements.

If the dissemination of information in this set and its consequences have stable predictability in the statistical sense (that is, it generates predictable statistics of phenomena), then it is possible to manage this set without structure, as well as its structureless self-control. In such a set of elements that have different informational states of their memory, subject to statistical laws, there is a probabilistic predetermination and the likelihood that circular unaddressed passage of a certain content in the environment of an information module will lead to the fact that the elements of the set, on the basis of self-management, will fold into one or more structures, focused on a certain vector of goals corresponding to the specified information module during a completely acceptable time interval. In other words, in case of structureless control, a set of more or less similar elements to one another in a probabilistically predetermined manner generates closed systems that correspond to a given vector of goals and a set of admissible error vectors. [1;2]

In case of structureless control, the structure is not formed in a directive-targeted manner before the start of the control process, but arises in a controlled and probabilistically predetermined manner in the course of the control process on the basis of a predominantly address less circular dissemination of information. Therefore, the set of elements in which the process of structureless control takes place is itself a closed system

of hierarchically ordered loops of forward and reverse links, the architecture of which changes during the process of managing the environment, which generates structures from itself in the process of its self-control.

Structureless control in its essence is the control of statistical characteristics of multiple (mass) phenomena on the basis of probabilistic predeterminations of storage, dissemination and processing of information dominating over a set of elements and their estimates based on measures and statistical models. If the duration of the process exceeds the maximum lifetime of the elements of the system, then a stable matrix (frame), "staffing table" appears in the system, which is filled with updated elements as necessary.

The objective basis of structureless control is statistical predetermination and probabilistic models (subjective assessments of objective statistical predeterminations), which order mass phenomena in a statistical sense, allowing to distinguish one statistic from another; and in many cases, identify the reasons that caused the difference in statistics. The value of the probability, the statistical frequency, as well as their various estimates are measures of the control uncertainty. They are also measuring of the stability of the transition process leading from a certain state (possibly identified with the present) to each of the various options for the future in the set of possible.

2. Language of Nature

The single language of Nature is the code of existence, in which actors interact and comment on reality. The activity of actors is largely reduced to competition, when the actor produces his own codes (languages, terminology, ways of expression) and absorbs or crushes others, turning them into uninteresting for an external observer - and ultimately - collapsing. Competition of codes: the death of the subject, actor, and individuality shifts the emphasis to small groups that have their own language (code) and their own interpretations of the environment. The small group is capable of collective action. Competition between small groups and their languages (forms of expression, methods of interpretation) occurs within the framework of the control system. Bilateral regimes are

emerging and multilateral formats are being implemented.

The life of nature is a language; an event in nature is a text; and the meaning of the text is interpreted based on the context. Context creates the dual relationships DR, which, have integrity, inextricably combining (utility, meaning and harmony) and claiming to harmonize Nature. The system $\langle V|C \rangle$ component ambivalence represents as a whole a universal object (UO). This object brings its data, its own rules of the game and its information models into the "information environment" (space), the information infrastructure in which the current data of the elements is exchanged as resources. Reading from this medium determines the embedding at time. The distinction between the "visible" and "significant" part of events creates their categorical distinction into constant and virtual, where virtuality is a new type of event which does not disappear. In UO the language of nature gives one of its finished products. From event to event, from image to image, the content of the product unfolds as a connection of succession in time and is represented as an arranged panorama in space. No nature was made up of systems $\langle V|C \rangle$, but, on the contrary, the system $\langle V|C \rangle$ originated from the organic totality of the language of nature.

Control implemented in the system $\langle V|C \rangle$ (see Fig. 1) includes procedure determined by the control code. Code manages living systems (LS) and defines their behavior. The alphabet of the code serves as the basis of the system. These foundations - plan "Y" codes, define the keys to understanding the plans of the considered circuit. The code matrix is used to transfer information between plans.

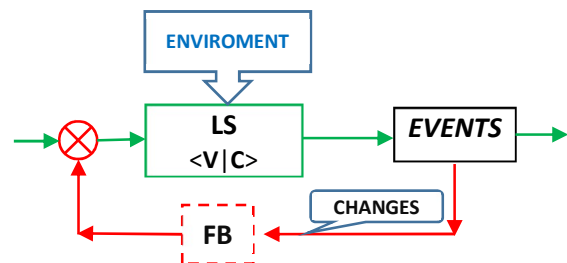


Figure 1. Control in DR

Relationships <cell demand - virus supply> form their own "Creation Field". Between the levels there is a "Potential of Creation" of relationship and there is a hunt for resources. This "procedural" formation is formed due to the "splitting" of the limit of field-forming relations, and is no longer characterized by external, but by internal duality. The determining factor is the "internal" dynamics. In the formula (Φ), the left side characterizes the properties of supply and demand, and the properties of relations on the right side, in relation to the properties of the left side, are characterized by negative dimensions. This is the relationship of the "external" and "internal", they are, as it were, "turned inside out" in relation to each other. In the interrelation of adjacent levels, when the inner is reborn into the outer, an entry into the field occurs. Not all complexes can move to "action" and remain at the stage of "striving". Of the emerging aspiration complexes, those that are in accordance with the goal complex are retained and developed to the degree of "action". The ability for conscious systemic effects is manifested as direct operation.

"Supply-demand" is self-regulation engine of **DR**. There are demand reactions and supply reactions. The pressure causes reformatting, reallocation of resources and operation. The imbalance represents a call to action and begins to emerge from the state of inner balance. When the balance <demand-supply> is violated, starts the search for the positions of the poles in the relation corresponding to stability, i.e. balance of operations.

Behind the "procedural" are the patterns of demand and supply. There is no growth without demand. Each of the relations of demand and supply is already initially characterized by internal duality. However, the relationship between demand and supply is also to control the "procedures" of a higher level of the hierarchy. It is this level that determines the Design (the rules of the game) that generates all relationships.

Intelligent Natural language (notional, understandable language) needs an alphabet as a hold and a word-builder. This is the deepest, most stable and most essential structure of existence, eternal and universal necessity. This is the multiplicity that always remains equal to itself. Action of the alphabet absolutely based

on movement, transforms blind elements into intelligent, in the form of a consistently unfolding presentation. The alphabet is both the content of thought and the expression of thought. It is both in activity and in the manifestation of intelligent at the same time.

The alphabet belongs to the nature, but not to the subject and serves to preserve the stability and harmony of the world. It defines the totality of form-creating potencies (seed), but it will not contain the power. The alphabet forms the code of the intelligence, thanks to which the system of the subject is included in the system of the Universe. In this case, the alphabet indirectly serves the essence of the subject. The alphabet serves as a "mediator" as it determines what is sent and manifested in the intelligence. What does it mean "to present this foundation, this sense of reality, to yourself and to others?" - It means to name it, i.e. give it a name and proclaim it. In this case, the activity and manifestation of intelligence are given in their unity. This event becomes inextricably linked with interpretation. The way of presentation is recognized as self-sufficient and self-valuable. The narrative unfolds "for the sake of the story itself," and not for the sake of direct impact on reality, that is, ultimately, outside of any function, except for symbolic activity as such. Life "by itself" does not exist: the main content of events is transferred into the process itself and the way of narration, and an idea of reality is formed.

3. Virus and Cell in Nature

Viruses are genetic formations consisting of one type of nucleic acid, which is protected by an envelope that also contains a combination of proteins, lipids and carbohydrates. A virus is a non-cellular agent that lives and can reproduce only inside the living cells of the host. It does not contain the most complex element of living systems - the translation apparatus (protein synthesis), the degree of complexity of which exceeds the intrinsic complexity of the virus.

Viruses are the oldest biological agents on Earth. There are many types of viruses in the world that can infect almost all types of living cells, while the hosts are

all types of organisms, starting with unicellular, bacteria, fungi, plants and ending with animals and humans. However, different types of viruses can infect only a limited range of hosts.

Viruses are a natural facility (container) for the transfer of genes between different types of organisms, which creates genetic diversity and guides evolution in Nature. They play an important systemic role in the regulation of the population of living organisms. The spread and transmission of viruses is provided by a variety of carriers, including natural elements and living organisms. Viruses are believed to have played a crucial role in early evolution to trigger the differentiation process, during the time of the last universal common ancestor of life on Earth. As a result, viruses have genetic links with most of the earth's flora and fauna.

The main role of viruses in the biosphere is associated with their activity in the waters of the oceans and seas. The number of viruses in ocean bottom sediments is practically independent of depth and is very high everywhere. The abundance of ocean viruses has a tremendous impact on life in Nature. The strength of ocean viruses is their high potential for infection: every second trillions of ocean viruses find their carriers. Viruses kill about half of all bacteria in the oceans every day. Their killer efficiency keeps the reproduction of their carriers under control, and this serves as the basis for optimizing the Earth's geosphere and biosphere, since bacteria are the main geoengineers of the Earth. When bacteria that fall prey to viruses die, their shell breaks, and they release billions of tons of carbon. Part of the released carbon stimulates the growth of other bacteria, while the other part settles on the ocean floor. For millions of years this "snow" of dead bacteria affects the temperature of the planet. Moreover, dead organics tend to turn into minerals.

Oceanic viruses are striking not only in their number, but also in their diversity. To date, over a million oceanic viral genes have been identified. Only 10% of these genes have analogs in the genome of bacteria, animals, plants, or even other viruses. The remaining 90% completely unknown to science. One of the prerequisites for the existence of such a variety of

oceanic viruses is the abundance of carriers. Reproducing viruses, the host cell can add their own genes. Carrying the genes of the former carriers, viruses begin to introduce them, along with their own, into the genetic material of the new carriers. Sometimes "borrowed" genes make the carrier of the virus more adaptable in the process of development and reproduction. The success of the carrier automatically means the success of the virus.

Viruses demonstrate a huge number of variants of genome organization - the totality of hereditary material necessary for their construction, preservation and reproduction. According to this parameter, they are more diverse than other organisms. Viruses are the largest repository of genetic diversity on Earth. Gene circulation has had a huge impact on the existence of life on Earth. The genomes of all living organisms contain hundreds of thousands of genes carried by viruses. The oldest traces of viruses on Earth are the fossils of ocean bacteria. Viruses do not leave fossils, but they leave a mark in the genome of their carriers. These traces prove the existence of viruses for billions of years.

Since viruses possess some, but not all, properties of living things, the nature of viruses is characterized as "organisms on the border of wildlife". The process at the border can be represented as the interaction of a complex of organic molecules with a living object. Viruses are similar to living organisms in that they have their own set of genes capable of creating viruses similar to themselves and evolve by natural selection. However, viruses lack such important characteristics as cellular structure and their own metabolism, and it is these characteristics that are usually considered as the fundamental properties of living things.

Viruses are able to reproduce in special conditions, in the cell infected by them, the self-reproduction abilities of viral particles are actualized, which begin to create their own copies by self-assembly. Self-assembly is one of the manifestations of self-organization in Nature, which consists in the fact that molecules with a complex architecture are spontaneously assembled from prepared "building blocks" - simpler molecules. This process simulates the evolution of structures in nature. A variety of

of organic molecules are used as "building blocks" for self-assembly results in highly symmetrical structures.

The cell provides special conditions for the virus, and is a living multiplicity that provides a synergy of several processes in which one can distinguish between the cloning line, and the outflow as a passageway, and the isolation of the reservation or habitat. The resource base of the cell is one of the leading variables in its system dynamics, along with the structural organization and genetic potential. These variables have variability in terms of potential, size, and feature set. Multiplicity is manifested in the unity of all the processes occurring (metabolism, replication, multiplication, etc.). Such living multiplicity, in dual processes, demonstrate own intelligence. The concept of "unity" is not applicable to the concept of "system". Unity is not something observable from the outside. This is an intrinsic property of any system. A system is a flexible unity of its elements, each of which has its own irreplaceable and complementary function. If the system becomes obsolete, its future is impossible without the arrival of novelty. Coming newness transforms all old systems and goals and directs to the future.

Outside the host cells, viruses are in a completely inert state, but they have a set of instructions (a genetic program) necessary to re-enter the cell and, subjecting it to their instructions, make them produce identical copies. The evolutionary significance of viruses lies in the long-term storage of genetic information isolated from changes in the external environment, retaining the ability to read and reproduce when returning to the cellular environment.

Viruses exist in the form of a protein envelope that abduces the genetic material and protects this information carrier. The envelope is composed of identical protein subunits encoded by the viral genome, and its shape is the basis for the classification of viruses by morphological characteristics. The general form of the protective protein envelope of the virus is characterized by a high degree of symmetry, which determines the ability of viruses to crystallize. Some viruses have a well-defined icosahedral head and tail with spiral symmetry. Many viruses appear spherical, but retain icosahedral

symmetry. A regular icosahedron is the optimal shape for a shell composed of identical subunits.

While the virus is in the extracellular environment or in the process of cell infection, it appears in the form of an independent particle that does not show signs of living and behaves like crystals of biopolymers. The simple structure, the absence of organelles and their own metabolism, allows some viruses to crystallize in the external environment, which is characteristic only of nonliving material. It was found that their crystals are composed of several hundred billion such particles closely pressed together. However, the reproduction of viruses differs from crystal growth in that viruses inherit mutations and are under the pressure of natural selection.

Depending on what type of nucleic acid is the genetic material inside the viral particles, the methods of its replication are also determined. Viruses differ in the localization of their replication, some viruses multiply in the cytoplasm of the cell, and some - in its nucleus. Viral genomes, regardless of the type of nucleic acid, are almost always either single-stranded or double-stranded. This determines the mechanism of genome replication. RNA viruses usually use the RNA nucleus as a template for the synthesis of viral genomic RNA and mRNA. The viral mRNA directs the host cell to synthesize viral enzymes, envelope proteins, and assemble new viruses.

An important factor in the case of a single stranded genome is its polarity. For most RNA viruses, the polarity of the nucleic acid is determined depending on whether it can directly serve as a template for protein synthesis. A (+RNA) molecule with positive polarity has the same nucleotide sequence as the mRNA, so it can be immediately translated by the host cell [3].

Genetic changes occur in viruses through different mechanisms. These include random substitutions of individual bases in genetic material. These point mutations are "silent" - they do not change the structure of the proteins encoded by the mutant genes, but sometimes, as a result of such changes, the virus can acquire evolutionary advantages, such as resistance to antiviral drugs. RNA viruses often exist as quasi species or an assembly of viruses of the same species, but with

slightly different genome nucleotide sequences. Such quasi species are the main target for natural selection.

In the external environment, the genome of the virus is subject to various influences, for example, ultraviolet radiation, solar radiation, chemicals, which leads to various kinds of mutations, i.e. changes in the structure of the nucleic acid. Depending on the nature of the mutations, viruses can change their properties, and even change the host.

4. Virus as a Nano-Object

The nano range "borders" on the scale with the "micro" level (characteristic size - microns), which sets the "structure-sensitive" properties of objects; and with an atomic level that determines the quantum characteristics of matter. The synergy of the effects observed at each of these levels characterizes the nano-object as a whole, at the macro level.

The nano range is characterized by the manifestation of properties that differ from the chemical, physical or biological properties of the macro state of a substance. In particular, the effects of quantization, tunneling, and a decrease in the Coulomb barrier are manifested in the nano range; the role of intermolecular interactions becomes significant. And also, the formation of regular nanostructures, in cells and viruses, capable of retaining and capturing quantum particles and enter into interaction with them.

Taking into account the above, consider the events in the space of life. Proto-intelligence is not introduced into nano-objects from the outside, but is a specialization of information systems that are originally characteristic of life. Information exchange is an integral component of the activity of self-regulating functional systems. It is in functional systems that there is an element for the qualitative and quantitative assessment of information - an acceptor of the result of an action, which constantly analyzes and evaluates the state of useful adaptive results, to which the activity of various subsystems of the body is directed. "Unitary" reactions in the implementation of "intelligent activity" carried out by the "basic dynamic element" aimed at satisfying the leading biological or social needs of the organism. The

properties of the "basic elements" fit corresponding DR {need-satisfaction}, {cell demand D_c - virus supply S_v }.

With a systematic approach, events in the information space present the following phases. Data on the needs of actors enter the information space as a "reference stream", and data on satisfaction of the need - as a "stream of resources". The interaction of the reference and resources streams on specific structures of space is carried out on an interference basis. An integral acceptor of the result of an action, organized by a multitude of actors - functional systems of a homeostatic, behavioral nature, acts as an information "screen".

Processes are formed by the universal object $\langle V|C \rangle$. Any changing of internal events in the virus and in the cell always has an external projection. Projection is manifested in the form of mass, quantity, density. As well as, through the redistribution of resources and actions, "compaction" and "exhaustion" of the space of objects.

Only together $\langle V|C \rangle$ forms a tandem, which quite adequately balances the entire power of the environmental impact, and provides a global balance. This form of registration of relations determines their uncertainty for competitors in the environment, the complexity and ambiguity for them of determining the actions of the parties to the pair. Competitors can be surrounded in a privileged position, produce internal separatism in the environment, tied to trans-dyadic structures. However, the stability of the tandem indicates the lack of systemic influence among competitors. The DR, while maintaining intelligence, achieves much larger and more stable results.

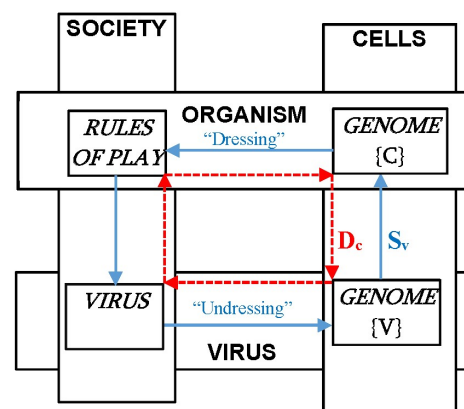


Fig. 2. RELATIONSHIP $\langle V|C \rangle$

Figure 2 shows relationship $\langle V|C \rangle$. An object, virus, with a structured resource, manifests it explicitly. The subject, being structureless, carries a message (proposal) about this resource. This is how the coherence and unity of the structural and functional aspects of the relationship is manifested. Not from the benevolence of object, the subject demand is satisfied, but from observance by object of their own interests. Demand is directed not to humanism of object, but to its egoism. The subject informs it only on its benefits. What the object wants is received, when others, absolutely indifferent to its goals, want to receive their own benefit. In this case, its task is also “automatically” solved. This is one of the “automatic” wonders of the DR. Its result is using the population roles of actors, especially - the systemic role of the virus. The subject reflects the intelligent design of creation. The intention of the future creation contains belonging to the generic essence and determines the rules of play of process of materialization. The result of materialization can be alienated from the generic entity.

Content (**V**) is determined by its genotype. Each genotype is “settling” in (**V**) the information process of coding information. In this intelligent dematerialization of oneself, a new genome is formed, which grows in the further process of self-assembly into itself. What is the function of content (**V**)? From outside the cell received, taken by the cell from the treasury of the natural language, someone else's creativity, in individual use it is created anew by the cell, again becoming in a state of origin and assembly of composition (**V**): fresh and renewed every time.

Form serves as a logical function of content. (**V**) is an intelligent entity, for it carries with it - the idea of its being. The stability in it of the main type of its structure, not a sensual, but an intelligent invariant (carrying its own meaning), its form-forming individual principle, in its own way guiding information processes, remains equal to itself. Together with (**V**), the genome, when it enters a favorable environment, penetrates into some object of the surrounding space (cell), and makes in it the change that it is able to receive. (**V**) is “reading” into the object with all characters of the code contained in the

genome (**V**), awakened to reproduction. The genome is an algorithm for an individual structure; according to its plan, a very different content is expressed. He predetermines new clones and outlines the ideal boundaries for their lives. (**V**) is an invariant, but this invariant itself is not reproduced.

The information space is formed by actors carrying information about the environment and responding adequately to external influences. The information space is formed in the unity of the structural and functional (non-local) aspects, thus forming a network of participants, in which “each actor is really connected with each”. In the information space, there are natural operational mechanisms, which are based on the principles of the “assessment tool” of DR. In the case under consideration, the relationship ($\langle C|V \rangle$), the following patterns take place:

- Each virus already initially, at birth, shows duality. It “searches” for one single “half” of its, with which it then connects. That is why, in the process of functioning, it already initially shows “intelligent”.

- (**V**) as the subject of the work conveys basic connections. These “connections as such” are so “general” that they turn out to be just as “insensible” and, as a consequence, are devoid of any value at level (**X**).

- Such interaction on the physical plane gives rise to an invisible level (**Y**), “non-sensory” connection and the presence of a channel for such a dual pair.

- Non-material information space plays the role of an amphiphilic interface, which begins to work in both directions, connecting pairs ($\langle C|V \rangle$) into single system-forming tools.

- As soon as the chain of the operating mechanism of the instrument “closes” on itself, as a result of its normalization, an integral spatial image is created, which “in the image and likeness” forms the instruments of a fundamentally different level and purpose and, ultimately, a single information space is formed.

- Reason is a multilevel concept and at each level it is formed and functions “in the image and likeness”, in accordance with the formula (Φ) of DR.

- This image is not material and as whole is at a non-sensible level. Although it can manifest itself as

various indirect registered phenomena in the process of formation and existence.

The image represents only an informational aspect, but it does not represent the functions that the actors of the process perform. As a signal, (**V**) is a certain minimum energy of a physical order - (nano energy), in the general case the least effective, and in this case, it is so small that few people reckon with it as an action in the external world. Those, despite this insignificant physical appendage of its own, (**V**) cannot be considered a true reality and there is only a content taken in the abstract.

However, the matter is not only in the amount of energy, but also in its dependence on quality, order, form, i.e. in what form is this amount of energy presented. Introducing the concept of guiding signals, one can find even the smallest amounts of energy producing the most powerful actions and changing the whole reality in the direction set by this ordered signal.

Nano energy (**V**) can be directed precisely towards a certain action, and will produce it, despite its quantitative insignificance. (**V**) is nano-object, there is an extremely developed object, its energy, very finely organized, having a definite and highly differentiated structure and, therefore, as the "energy of form", it has a large intensity.

The physical substrate (**V**) contains a synergy of nano energies that are in constant transformation. This subject (**V**) can move in space as a whole and, while moving, always has its own content with it. With appropriate tuning and acceptance by the environment, modulations (**V**) can be understood by the receiving cell as complex natural signals.

The holistic organization of all this plexus of modulations (**V**), its strictly outlined individuality, its non-randomness, even in the smallest details, can be seen from the fact that the smallest change in the integral complex (**V**), a change that is hardly taken into account by means of physical analysis, is immediately identified and is recognized by the cell.

Two-component system is a molecular-biological mechanism that allows cells to sense and respond to changes in various environmental parameters. Two-component systems are found in representatives of all

three domains of life, and are encoded in the genomes of their representatives. Typically, the two-component system consists of a membrane-bound receptor that senses changes in the environment and a corresponding response regulator that provides a cellular response, mainly through differential expression of target genes.

Two-component systems carry out biological signaling through a response regulator (**RR**). Response regulators may consist of a single recipient domain, but are usually multi-domain proteins containing a recipient domain and an effector domain, often with gene-binding activity.

The receptor transmission modulator senses a change in the extracellular environment, it carries out a modulation response and transfers the signal carrier to a receiver in the cell. The corresponding **RR** further catalyzes the carrier transfer reaction in its recipient domain. As a result of this reaction, **RR** undergoes a conformational change that activates its effector domain, and it, in turn, triggers a cellular response to a signal, activating or repressing the expression of target genes

The existence of complex multicellular organisms is possible due to the coordination of the processes taking place in their cells. This coordination is based on intercellular communication and signal transmission within individual cells. Together, this enables one cell to control the behavior of the others.

Signaling is one of the most difficult areas in the study of cellular objects [4;5;6]. The term "signaling" refers to any process by which a cell converts one type of signal or stimulus to another. Signal transmission pathways, or signaling pathways, are often organized as signal cascades: the number of substances involved in signal transmission increases at each subsequent stage with distance from the original stimulus. Thus, even a relatively weak stimulus can elicit a significant response when the signal is amplified.

The intracellular signaling system consists of numerous interacting signaling pathways leading from receptors on the membrane to the cytoplasm, and further to the nucleus, where the work of the genetic apparatus is regulated, and then back to the cytoplasm, to the cell surface and the extracellular environment. This system consists of intercellular signaling molecules, receptors on the cell

surface, cytoplasmic signaling cascades, transcription factors that control gene expression, and executive proteins that determine the cellular response.

Extracellular signaling molecules are recognized by receptors associated with membrane substances. Further, the activated substances are transferred to the intended targets of the dynamic action. All of these substances regulate numerous executive proteins and transcription factors that determine specific cell responses. Each type of cell has its own individual set of proteins that provide specific cell responses to various stimuli.

5. Cosmo-Earth

The influence of the “space climate” on Earth can manifest itself in a decrease in the intensity of the flow of ultraviolet radiation, on which the life of organisms, especially viruses and bacteria, depends. Taking into account the periodicity of the effect of near space on the habitat of living organisms, the effect of ionizing galactic radiation on the mutagenic potential of populations, it can be assumed that pandemics develop with a significant weakening of solar activity and corresponding changes in the modes of functioning of the geosphere, biosphere, and anthroposphere.

The direct and indirect mutagenic effect of the quiet sun on micro and nano organisms is confirmed by the observation that the formation of new strains of pathogens is timed to each next similar phase of weakening of solar activity. All acute respiratory viral infections are seasonal, they are referred to as “recurrent viral infections” and tend to recur. The strains return after a time interval to where they circulated before.

The temporal ordering and synchronization of cosmophysical factors and the biosphere makes it possible to obtain a general picture of cause-and-effect relationships leading to destructive pandemic processes. External influence originates in the depths of the galaxy, it controls the activity of the solar system and through the sun determines the functioning of all spheres of the Earth. Of particular interest are the mechanisms of energy and information transfer from near space, the receivers of which are living organisms, which, being elements of the biosphere, cause various fluctuations in Nature.

The links of this cosmic system are observable, their influence is measurable at the level of global processes. In a particular case of a pandemic, these are the integral parameters of the rate of mutations of pathogenic organisms and the rate of their reproduction, the changes of which reflect global processes. The challenge is to capture these connections and trace their origins and evolution.

Earth with an atmosphere is an open thermodynamic system. Moving in space along its orbit, it is in a constantly changing gravitational field of influence from other planets, as well as variable thermal and corpuscular influence from the Sun. In addition to external influences, one should take into account the reaction of the Earth itself to these influences. First of all, tectonic, volcanic and electromagnetic.

Until now, in the reasons for the change in the global climate of the Earth and the consequences of its change for the anthroposphere, neither the corpuscular energy of the Sun, nor the emission of hydrogen and methane from the Earth's interior were taken into account. Although both of these parameters are quantitatively comparable to the flow of energy coming to the Earth from the Sun. Heat flows from the Earth's interior are also not taken into account. In fact, the Earth appears as a dead asteroid, without volcanoes, earthquakes, without a magnetic field, without interaction with the “solar wind”.

Under the influence of wave electromagnetic radiation from the Sun, atmospheric gas is heated, ionized, dissociated, etc. Thus, the wave radiation of the Sun determines the thermal regime of the atmosphere, its circulation and composition. In this case, the nature of atmospheric processes depends not only on the time of day, but also on the position of their localization, since the position affects the amount of received wave radiation.

The action of the energy brought by solar corpuscular streams - the “solar wind”, also affects the circulation, dissociation and ionization of the atmosphere. But at the same time the solar wave radiation is constant, and the corpuscular streams are variable. With increasing latitude, solar wave radiation decreases, and the influence of corpuscular flows increases. Under the influence of corpuscular streams of the Sun, the conductivity in the lower

atmosphere changes. This significantly affects the modes of thunderstorm formation, the formation of clouds and precipitation, as well as the weather in general.

If imagining the balance of energies, then in addition to the wave radiation of the Sun and corpuscular flows, the Earth's own energy is no less significant. Its generation is due to the processes taking place in the core of the Earth. As for the Earth's own energy, the magnitude of the heat flow from the Earth's interior to the surface of the continents is known today. In addition to the heat of the earth's interior, hydrogen and methane are constantly emitted into the Earth's atmosphere. In the presence of lightning discharges, both gases burn in the oxygen of the atmosphere, releasing heat. From the combustion of billions of tons of methane released annually through rift faults, the Earth's atmosphere receives energy quite comparable to the energy of the Sun entering the Earth.

The combustion of methane and hydrogen occurs in the atmosphere in the presence of lightning discharges, which in turn are activated due to the corpuscular radiation of the Sun. In the absence of lightning discharges, methane and hydrogen, escaping along rift faults, do not burn in the atmosphere, do not heat it additionally, and do not form carbon dioxide when burned in oxygen. But, rising into the stratosphere, they react with ozone and reduce its concentration, forming "ozone holes". If thunderstorm activity does not allow methane with hydrogen to rise into the stratosphere, then these gases, burning, form moisture and carbon dioxide. All this directly affects the biosphere and the mobility of living organisms, including dual ones.

Thus, the main actors of global climate change and the main architects of the biosphere are still the Earth and the Sun, since their heat and mass flows are not subject to man. This does not mean that a person is incapable of harming the environment.

The latest studies of geospheres indicate that their complex multifaceted shape was formed due to the growth of the inner iron core of the planet. Knowledge of the patterns of its structure and growth dynamics allows for a better understanding of the nature of the observed changes in the environment and the features of

the functioning of the biosphere. The existence of huge crystals in the planet's body is manifested in the localization at the edges and tops of these polyhedrons of the centers of seismic and volcanic activity, centers of mobility of the atmosphere, water and land, and other anomalies [7; 8].

The most distant part of the planet from the surface is a volume-centered cubic lattice consisting of iron modifications. Such elements of the Earth's cubic figure were found in the depths due to measurements of variations in the wave propagation speed during earthquakes, and it turned out that the diagonal of the cube is located along the axis of rotation of the globe. The impact of the tops of the cubic core on the properties of the outer shells of the Earth is traced in the form of geophysical anomalies. The cubic core leaves clear imprints in the mantle, visible on the earth's surface from volcanic eruptions. The symmetry of the cube is reflected many times in the outer shells of the planet and in the objects of the biosphere. The processes in the lattice created by the crystalline matrix are also manifested in the vertical migration of chemical elements along tectonic faults, which contributes to an increase in biological productivity in the ocean.

Signals of vertical links in the earth's geosystem have increased dramatically in recent decades. The formation of channels of these influences is associated with the icosahedral and dodecahedral syngony in explaining the Earth's infrastructure and the actions of similarity laws at different levels of matter organization. The reflection of the properties of the icosahedron and dodecahedron in the nature of the Earth is confirmed by facts that can only be explained by the projection and influence of the tops and faces of these figures on the earth's surface.

The instrumental role of the long-range order is determined by the fact that the inner polyhedrons are endowed with energy, which deforms the earth's crust and other shells, causing them to move. The manifestation of the crystalline properties of the inner core in the outer shells of the Earth helps to solve the problem of the causes of modern environmental changes. First of all, it focuses on the search for possible sources of additional energy. At the same time, it turns out that in

recent decades, natural processes have intensified in all shells of the Earth.

The meaning of the search for order in nature, the identification of “correctness” is consonant with the ideas about the key role of symmetry in the picture of the world. Generalization of the facts leads to the understanding that the Earth, obeying the general law of nature, grows due to the crystallization of the core, and this process finds diverse manifestations in the outer shells. They are united by the observed increase in energy, in particular, manifested in an increase in the density of biomass, which defies explanation, if we proceed from the prevailing ideas. The geometry of the dodecahedron and its dual icosahedron is directly related to the “golden” ratio. The icosahedral type of symmetry was considered convenient by living beings. Based on the principle of symmetry in the interaction of the crystal and the environment, it can be assumed that the inner core of the planet is a growing crystal, which by its growth induces the same symmetry in the shells of the planet, including in the earth's crust and in the objects of the biosphere.

The supposed “engine” of the general planetary mechanism, which forms the symmetry of the crystal in the earth's crust, received comprehensive theoretical confirmation in the process of studying new achievements in crystallography. According to these data, the surface of a crystal nucleus already has its own potential, the range of which increases with the growth of the crystal faces and thereby increases the length of its own force field. For crystal growth, the participation of external forces is not necessary, the crystal itself is an active and main participant in the phenomenon, organizing the growth process and creating quasi-crystalline structures at a certain distance from the crystal surface in accordance with its symmetry.

The substance of the depths is embedded in the earth's crust by vertical flows. Substances of all shells of the Earth are strung on uniform radiuses, which “like a hedgehog” diverge from its center and come out to the surface in the form of nodes of the power frame. Part of the substance of the streams of the subcortical envelope penetrates into the earth's crust, and the bulk of each of

the streams is closed on the envelope. Depth material penetrating into the earth's crust along the edges of the dodecahedron promotes the transformation of vertical pressures into horizontal displacements of crustal blocks in the directions from the edges of the dodecahedron (rift zones) to the edges of the icosahedron. The uplifts of the continental crust facilitate the movement of surface water flows, and with them the particles of matter (including living ones) in the same directions.

6. Role of Iron in the Organism

Just as the shape of the Earth's core induces its properties on its surface, so the iron contained in the core affects similar materials. In the organism, iron is essential microelement. Despite its low iron content, it plays a special role in maintaining its vital functions. The lack of iron in the body, like its excess, negatively affects many functions and the health of the body as a whole, as it leads to damage to all organs and tissues.

The organism is unable to produce iron. Iron enters the body through food. In food, iron is mainly in an oxidized state and is part of proteins and organic acids. But the absorption of ferrous iron is better, therefore, in the stomach, under the action of gastric juice, ferric iron is released from food and turns into ferrous iron. After ferrous iron enters the small intestine, it enters enterocytes (epithelial cells of the small intestine) and together with them into the body, where part of it is involved in many body processes and is constantly used, for example, for the synthesis of heme (part of hemoglobin), and the other a part is deposited in reserve. Iron metabolism in the body is an optimally organized process.

The human body normally contains about 4.5g of iron, which is involved in the respiration process. Iron is part of about 100 different enzymes and therefore indirectly affects oxidation reactions, the immune response, energy balance, cholesterol metabolism, the synthesis of genetic material, etc.

The main functions of iron in the body are:

- transport of oxygen from the lungs to organs and tissues, including the skin. The actor is an erythrocyte. The composition of the erythrocyte includes hemoglobin, iron in the composition of hemoglobin binds

and transfers oxygen from the lungs to all cells of the body;

- participation in the processes of hematopoiesis - the bone marrow uses iron to synthesize hemoglobin, which is part of erythrocytes;

- detoxification of the body - iron is necessary for the synthesis of liver enzymes involved in the destruction of toxins;

- regulation of immunity and increasing the tone of the body - iron affects the composition of the blood, the level of leukocytes necessary to maintain immunity;

- participation in the process of cell division - iron is a part of proteins and enzymes involved in the synthesis of genetic material;

- synthesis of hormones - iron is necessary for the synthesis of thyroid hormones, which regulates the metabolism in the body;

- providing cells with energy - iron delivers oxygen to the energy molecules of the protein.

Iron in the body is stored in depot molecules. The body creates a special microsystem - ferritin, which “collects” and deposits iron from the entire body, which, if necessary, spent on the needs of the body. Iron folds and packs in a certain pattern up to 4500 iron atoms in one ferritin molecule. The main function of this complex water-soluble protein complex is the binding and isolated temporary storage of iron inside cells in a dissolved and non-toxic form for the body. Ferritin is found in almost all cells, organs and tissues of the body and is a donor of iron in cells that need it. Its amount critically affects the state of the body.

The ferritin molecule consists of a central core, in which iron is packed, and a protein membrane surrounding it. The newly formed shell protein unfilled with iron is called apoferritin. When apoferritin is formed, its central cavity is subsequently loaded with ferrous ions. This iron concentrates and crystallizes into ferric hydroxide, which forms the mineral core.

Apoferritin is not a membrane protein. It serves as a marker of a person's biological age and indirectly acts as a tumor marker. To study the interaction of membrane proteins, it is first necessary to understand how non-membrane proteins interact with each other, and

apoferritin is a good object for research here, as well as a component for creating a vaccine against a wide range of viral diseases.

For a deeper understanding of the structural features of certain proteins, it is necessary not only to solve their structure, but also to understand how proteins interact with each other in solution and in the membrane. Integral proteins embedded in cell membranes are targets for many manufactured drugs. The study of such proteins is necessary to decipher their structure. Deciphering the structure, in turn, is necessary for understanding the structural and functional features of the work of proteins, studying their interactions with potential drug candidates, and selecting the most effective drugs.

Apoferritin ensures the absorption of iron in the intestine, as well as the deposition of iron in the body. Apoferritin also performs a catalytic function at the beginning of the process formation of a ferroxidase core inside the protein shell. The rate of absorption of iron by apoferritin depends on the initial amount of iron in the protein molecule. Apoferritin is involved in the removal of iron from the ferritin molecule. It is one of the vital proteins in any cell type.

The study of the interaction of membrane proteins in the membrane is impossible without a deep understanding of the processes occurring in the membrane itself, and first of all, understanding the behavior of lipids in different phase states and their interaction with each other. The study and search for conditions for the formation of lipid cubic phases is an integral and extremely important part of the work. Lipid cubic phases were studied to optimize the crystallization process as the most promising and promising conditions for the crystallization of proteins to date.

A search was made for lipids forming lipid cubic phases. The basic set of parameters of the system was determined, and also the quantitative determination of the lattice parameters in lipid cubic phases was carried out. Since lipids have hydrophobic and hydrophilic parts, they are capable of structure formation in water. An amphiphilic molecule was obtained. When amphiphilic objects are placed in an aquatic environment,

depending on the lipid/water volume ratio, they are capable of forming several phases and characteristic types of structural organization, including inverted objects with a “turned inside out” structure. It should be noted that the phases and structural organization of amphiphilic objects depend both on the properties of the environment and on the properties of the objects immersed in it, as well as on the external influence on this integral complex.

Conclusion

Depending on the ratio of all these influences, various phase states of the complex were observed. The most interesting are the so-called lipid cubic phases forming a cubic lattice. In the experiment, with a certain structure, a local increase in the concentration of proteins in solution is observed. The study of crystallization processes in dynamics made it possible to quantify them and calculate the necessary ratios of parameters for the

formation of crystal nucleus of both membrane and non-membrane proteins.

The account of cosmo-physical and geophysical effects is determined by the model of falling flat monochromatic wave on disseminating center, which is a formed complex molecule, which, under the action of radiation, becomes a source of a scattered spherical wave. This wave, in a wide range of concentrations for the apoferritin protein, determines the adjacent (close) order corresponding to higher concentrations than the initial ones, which determines the appearance of an embryo in an aqueous solution [9;10].

The results obtained will serve as the basis for further experiments in the context of the global task of penetrating into the essence of the structural and functional organization of membrane proteins, the interaction of proteins and lipids in membranes. They allow moving from observing external manifestations to understanding the inner essence of the ongoing processes.

References

1. S. Dadunashvili. System Pattern of Consciousness Functioning - International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics. Riga, **Springer**, IFMBE Proceedings 38, p. 5-10. (2012). (In English);
2. S. Dadunashvili. System formation models in biosphere and a noosphere. - Tbilisi. Proceedings of the Georgian Technical University, №3 (414), p. 224-232. (1997). (In English);
3. S. Dadunashvili. About the regulating mechanism in serial replication systems - Tbilisi. Proceedings of the Georgian Technical University, №4 (466), p. 42-51. (2007). (In English);
4. S. Dadunashvili. Bio signals Processing in the Structural Levels of Body - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Beijing, **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 39, p. 581-584. (2012). (In English);
5. S. Dadunashvili. Becoming of Ubiquitous Sensors for Ubiquitous Healthcare. – World Congress on Medical physics & biomedical Engineering. Toronto, **Springer**, IFMBE Proceedings, IUPESM 2015, Pages 1416-1418. (2015). (In English);
6. S. Dadunashvili. Multilevel Signal Processing for Biomedical Nanodevices. – **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 55, p. 329-331. (2016). (In English);
7. Al-Zoubi, N., Schönecker, S., Johansson B., Vitos L., Assessing the Exact Muffin-Tin Orbitals method for the Bain path of metals. *Philosophical Magazine*. **2017**, 97(15): pp. 1243-1264. (In English);
8. Q. Tao, J. Lu, M. Dahlqvist, A. Mockute, S. Calder, A. Petruhins, R. Meshkian, O. Rivin, D. Potashnikov, E. Caspi, H. Shaked, A. Hoser, C. Opagiste, R. Galera, R. Salikhov, U. Wiedwald, C. Ritter, A. R. Wildes, B. Johansson, L. Hultman, M. Farle, M. W. Barsoum, J. Rosen, Atomically Layered and Ordered Rare-Earth i-MAX Phases: A New Class of Magnetic Quaternary Compounds. *Chemistry of Materials*. **2019**, Just Accepted Manuscript, DOI: 10.1021/acs.chemmater.8b05298: pp. 1-16. (In English).

9. Bar-On Yinon M., Flarnholz Avi, Phillips Rob, Milo Ron, SARS-CoV-2 (COVID-19) by the numbers. 2020. (<https://bit.ly/2WOeN64>).
10. Dadunashvili S. Medical Expert System with the Properties of Artificial Intelligence - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Prague, **Springer**, IFMBE Proceedings Vol. 68/1, p. 315-319. (2018).

DC 513.72

SCOPUS CODE 1802

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-119-135>

მართვა სასიცოცხლო სივრცეში

სერგო დადუნაშვილი ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: dadu@gtu.ge

რეცენზენტები:

გ. დგებუაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: project7@gtu.ge

კ. კამკამიძე, სტუ-ის ინფორმატიკის და კომპიუტერული სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

ანოტაცია. სიცოცხლე თავს იჩენს როგორც მიზანმიმართული დადებითი შერჩევა. სიცოცხლე, როგორც პროცესუალური, არ ექვემდებარება ანალიზის ჩვეულ მეთოდებს. პასუხი კითხვაზე, თუ როგორ არის მოწყობილი სიცოცხლე და რას ემყარება ცოცხალი სისტემა რეალობაში, წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას.

სტატიაში განხილულია მუშაობის ზოგადი პრინციპები და ორადი ფარდობის გამოვლინება სასიცოცხლო სივრცეში, კოსმოსურ-ფიზიკური და გეოფიზიკური ფაქტორების გათვალისწინებით, ვირუსსა და უჯრედს შორის ურთიერთობის მაგალითის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ვირუსი; ორადობა; უსტრუქტურო მართვა; უჯრედი; ფარდობები.

UDC 513.72

SCOPUS CODE

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-119-135>

Управление в пространстве жизни

Серго Дадунашвили Департамент электротехники и электроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: dadu@gtu.ge

Рецензенты:

Г. Дгебуадзе, профессор факультета энергетики и телекоммуникации, ГТУ

E-mail: project7@gtu.ge

К. Камкамидзе, профессор факультета информатики и компьютерных систем, ГТУ

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

Аннотация.

Жизнь проявляется как целесообразный положительный подбор. Живое, как процессуальное, не поддается обычным приемам анализа. Ответ на вопрос, как устроена жизнь и на чём в реальности держится живая система, представляет актуальную задачу.

В статье рассматриваются общие принципы работы и проявления двойственных отношений в пространстве жизни, с учётом космофизических и геофизических факторов, на примере взаимоотношения вируса и клетки.

Ключевые слова: бесструктурное управление; вирус; двойственность; клетка; отношения.

The date of review 13.11.2020

The date of submission 14.12.2020

Signed for publishing 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1900

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-136-147>

მდ. ჭერემისხევის კალაპოტში ფორმირებული წყლების ხარისხის შეფასება სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების მიზნებისათვის

გიორგი
ომსარაშვილი

ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0126, თბილისი, სოფ. დილომი,
4 მოციქულთა სწორი წმ.ნინოს ქუჩა
E-mail: g.omsarashvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

მ. მარდაშოვა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ზ. ვარაზაშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის წამყვანი მეცნიერი თანამშრომელი
E-mail: gezuravaraz@yahoo.com

ანოტაცია. მოსახლეობის რიცხოზობის ზრდამ, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის განვითარებამ წარმოშვა წყალზე მოთხოვნილების სისტემური გადიდება. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველო მდიდარია მაღალი ხარისხის სასმელი თვისებების მქონე ბუნებრივი წყლის რესურსებით, ქვეყნის მრავალ რეგიონში და, განსაკუთრებით, მის ნახევრად არიდულ და ჰუმიდურ ზონებში მოსახლეობის სუფთა სასმელი წყლით მომარაგების საკითხი საკმაოდ მწვავედ დგას.

სტატია ეხება ცივ-გომბორის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფერდობზე განლაგებული ქ. გურჯაანის მუნიციპალიტეტის სოფლების (ველისციხე, ზეგანი, მუკუზანი) პერსპექტიული წყალმომარაგებისათვის, მდ. ჭერემისხევის კალაპოტში ფორმირებული წყლების გამოყენების საკითხს. ამ მიზნით,

2013–2020 წლებში სავლე და სტაციონარულ პირობებში გამოვიკვლიეთ მდ. ჭერემისხევის ზედაპირული (მდინარეული) ჩამონადენისა და ალუვიურ-პროლოვიურ ნალექებში არსებული ფილტრატი წყლების ქიმიური და სანიტარიულ-მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები.

ქიმიური ანალიზების შედეგად დადგინდა, რომ წყალი ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან ტიპს განეკუთვნება და საერთო მინერალიზაცია არ აღემატება 0,5 გ/ლ-ს. მთავარი იონების სეზონური ცვლილების დინამიკის თანახმად, გამოკვლეული ყველა მაჩვენებელი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში მერყეობს. თუმცა მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებმა ცხადყო, რომ გამოკვლეული წყალი ბინძურდება ანტროპოგენური ზეგავლენით და არ შეესაბამება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დადგენილ სანიტარიულ ნორმებს.

საკვანძო სიტყვები: სასმელი წყალმომარაგება; წყლის ხარისხი; ჰიდროგეოლოგია; ჰიდროლოგია.

შესავალი

ურბანიზებული ტერიტორიებისათვის საჭირო რაოდენობისა და ხარისხის სასმელი წყლით მომარაგება, არა მარტო საქართველოს, არამედ თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთი უმწვავესი პრობლემაა. გლობალური დათბობის პირობებში მოთხოვნა სასმელ წყალზე კიდევ უფრო მზარდ ხასიათს მიიღებს. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველო მდიდარია მაღალი ხარისხის სასმელი თვისებების მქონე ბუნებრივი წყლის რესურსებით, ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილში მოსახლეობის წყალმომარაგების საკითხი საკმაოდ მწვავედ დგას.

აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია ცივ-გომბორის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფერდობზე განლაგებულ კახეთის ქალაქებსა და სოფლებში, ვინაიდან იქ მცხოვრები მოსახლეობა განიცდის სასმელი წყლით მომარაგების დეფიციტს. მაგალითად, მდ. ჭერემისხევის მიმდებარე ტერიტორიაზე განლაგებული ქ. გურჯაანის მუნიციპალიტეტის სოფლების (ზეგაანი, მუკუზანი, ველისციხე) წყალმომარაგება ხორციელდება მცოცავი გრაფიკით.

სადღეისო მდგომარეობით ზემოაღნიშნული სოფლები სასმელ წყალს საექსპლუატაციო ღრმა ჭაბურღილებიდან ღებულობს, რაც ელექტროენერგიაზე მომუშავე წყალსაქაჩი ტუმბოების საშუალებით ხორციელდება. ქ. გურჯაანის გამგეობის მონაცემებზე დაყრდნობით, აღნიშნული წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირებისათვის პრობლემაა ელექტროენერგიის დიდი ხარჯი (თითოეულ ჭაბურ-

ღილში ჩაშვებულია 3–5 კვტ/სთ წარმადობის სიღრმული ელექტროტუმბო) და მოსახლეობის გადახდისუუნარობა (მოსახლეობიდან წყლის საფასურის ამოღება შეადგენს საშუალოდ 15 %-ს).

აქედან გამომდინარე, ცივ-გომბორის ქედის ხეობებში ფორმირებული წყლების აკუმულაცია და მათი სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენება პერსპექტიული და ალტერნატიული ვარიანტია. ეკონომიკური თვალსაზრისით ასეთი პროექტები ბევრად უფრო მომგებიანია, ვინაიდან წყალმიმღები სათავე ნაგებობები ჰიფსომეტრიულად ბევრად უფრო მაღალ აბსოლუტურ ნიშნულებზეა განლაგებული, ვიდრე დასახლებული პუნქტები და, შესაბამისად, აკუმულირებული წყლის მიწოდება რეზერვუარში განხორციელდება თვითდინებით.

ცივ-გომბორის ქედი კახეთის რეგიონის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილია. იგი მიო-პლიოცენური ასაკის მოლასური ნალექებით (ძირითადად ზღვის წყალმარჩხი სანაპირო ზოლის კონგლომერატებით) აგებული რთული ანტიკლინური სისტემაა, რომელიც აღმართულია ალაზნის ველის გაყოლებით ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით და ინტენსიურადაა დასერილი ღრმა ხევ-ხეობებით [1]. ამ ხევიდან შესაძლოა გამოვყოთ მდ. ჭერემისხევი, რომელიც ქ. გურჯაანის მუნიციპალიტეტის სოფლებს (ზეგაანი, მუკუზანი, ველისციხე) ახლოს ჩამოუდის.

მდ. ჭერემისხევი გამოირჩევა დიდი ქანობის მქონე განიერი კალაპოტით, რომელიც ამოვსებულია ცივ-გომბორის ქედიდან ჩამოტანილი მძლავრი ალუვიურ-პროლუვიური ნალექებით – მსხვილი და საშუალო ზომის კაჟარ-კენჭნარით, ღორღით, ხრეშით და თიხა-ქვიშოვანი წარმონაქმნებით. ამ ნალექების სიმძლავრე მდინარის დინების მიმართულებით იზრდება. საკვლევი ხეობა სათავეების-

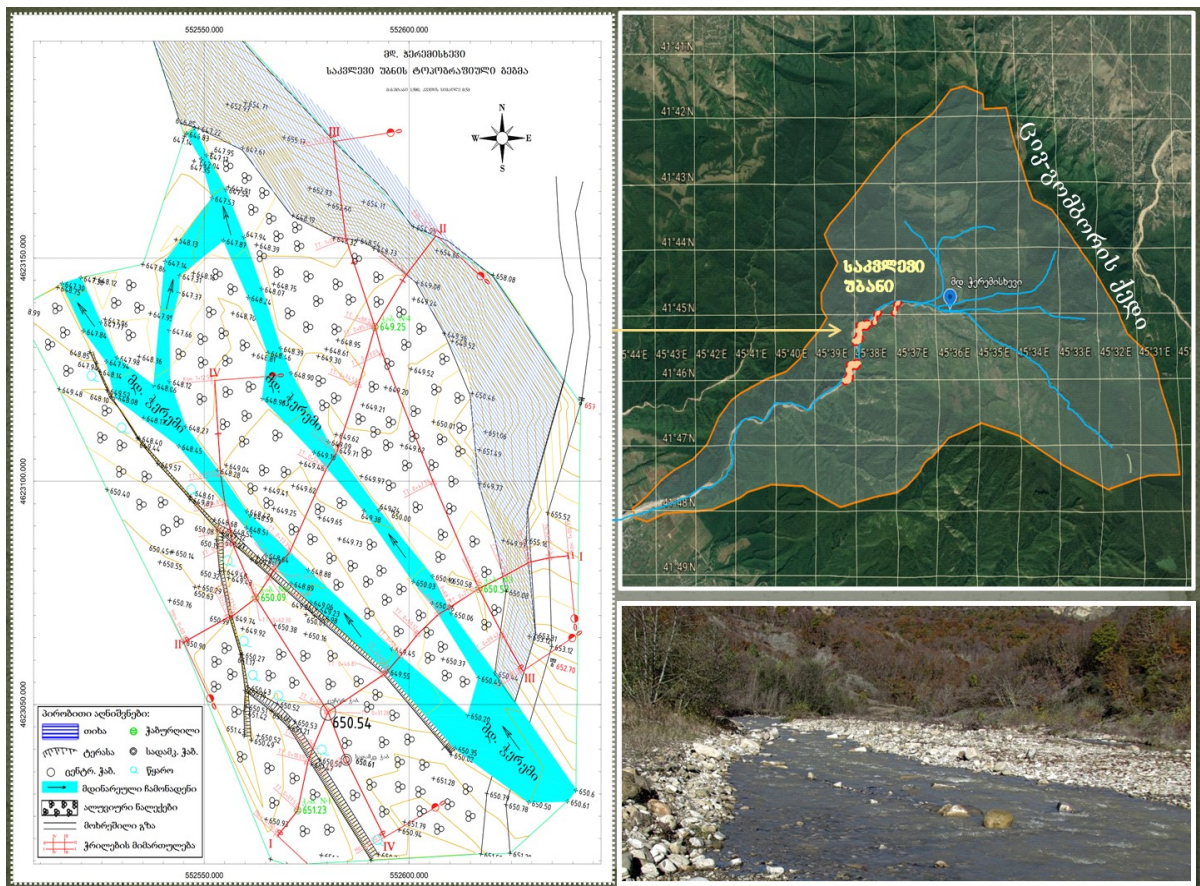
კენ ფართოდ იშლება და დიდ წყალშემკრებ აუზს ქმნის, რომელიც მდ. ჭერემისხევის შუა წელს ზედაპირული და მიწისქვეშა ფილტრაციული წყლებით ამარაგებს. აღნიშნული მიწისქვეშა წყლები დრენირებს ხეობის მიმართულებით და უსარგებლოდ განიტვირთება ალაზნის ველზე გაშლილ პროლოვიურ კონუსებში [2].

ბუნებრივად დგება საკითხი, რომ ურბანიზებული დასახლებების სასმელი წყლით მოსამარაგებლად გამოყენებულ იქნეს მდ. ჭერემისხევის ზედაპირული (მდინარეული) ჩამონადენისა და ალუვიურ-პროლოვიურ ნალექებში არსებული მიწისქვეშა ფილტრაციული ნაკადები, თუმცა, სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის განკუთვნილი წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს სასმელი წყლისადმი

წყაყენებულ მოთხოვნებს [3]. აქედან გამომდინარე, საკვლევ ხევში ფორმირებული წყლების სასმელი ვარგისობის დადგენას მნიშვნელოვანი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება აქვს.

ძირითადი ნაწილი

2012–2013 წლებში მდ. ჭერემისხევის ტერიტორიაზე განხორციელდა საველე სარეკოგნოცირებო გამოკვლევები და პროგნოზული ნიშნების მიხედვით შეირჩა საკვლევ უბანი [4]. ასეთი პერსპექტიული უბანი მდებარეობს ხეობაში 630 – 680 მეტრ აბსოლუტურ ნიშნულებს შორის. მისი მერიდიანული კოორდინატებია 4623050.000–4623150.000, ხოლო განედური 552050.000–552650.000 (იხ. სურ.).



მდ. ჭერემისხევის ტერიტორიაზე შერჩეული პერსპექტიული საკვლევ მონაკვეთი

ხეობის შერჩეულ მონაკვეთზე მდ. ჭერემისხევი მიედინება სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით. ჭალა ორივე მხრიდან შემოფარგლულია ხეობის ფერდობებით, რომლებიც წარმოდგენილია რამდენიმე ათეული მეტრი სიმაღლის თითქმის ვერტიკალური ფლატეებით. მდინარის კალაპოტს აქვს ჭალის და ჭალისზედა ტერასები. მაღალი ჭალა მდინარის დღევანდელი კალაპოტიდან ამდღებულა 0.6–0.8 მეტრით და მისგან გამოიყოფა თითქმის ვერტიკალური ჩაჭრით. ჭალისზედა ტერასების საზღვრებიც ასევე მკაფიოდ ფიქსირდება ეროზიული საფეხურების მეშვეობით. აქ არსებული მცირედებიტიანი წყაროები სწორედ ამ ტერასებიდან გამოდის. აღნიშნული წყაროებიდან სინჯებს ვიღებდით მდ. ჭერემისხევის წყლის შესართავამდე 30–70 მ-ის დაშორებით. ისინი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ჰიდროკარბონატულ-კალციუმის წყლის ტიპს მიეკუთვნება. მათი მინერალიზაცია იცვლება 0.3-დან 0.5 გრ/ლ-ის ფარგლებში. ნორმის ფარგლებშია pH=7.4-7.8, ხოლო O₂ =1.7-2.5 მგ/ლ. აღნიშნული წყაროების გამოსავლები რეგისტრირებულია საკვლევი უბნის ტოპოგრაფიულ გეგმაზე (იხ. სურ.).

გამოკვლევები ჩატარდა სეზონურად (წყალმცირობისა და წყალუხვობის პერიოდებში). საველე პირობებში წყლის სინჯების შესწავლისას ვიკვლევდით მათ ფიზიკურ თვისებებს (ტემპერატურა, გამჭვირვალობა, სიმღვრივე, ფერი, სუნი, გემო) პორტატული აპარატურის საშუალებით [5], ხოლო წყლის ძირითადი იონების ანალიზისათვის ვიღებდით 1ლ მოცულობის სინჯებს, რომლებიც ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებამდე ინახებოდა სპეციალურ კონტეინერებში [6].

მდ. ჭერემისხევის წყლის შედგენილობის ფორმირებაში დიდი როლს ასრულებს კლიმატი. ატმოსფერული ნალექების სეზონური ცვლილებიდან გამომდინარე, მისი წყლიანობის რეჟიმი ხასიათდება გაზაფხულის წყალუხვობითა და ზაფხულ-შემოდგომის წყალმცირობებით. ამ პერიოდებში აღებული ზედაპირული ჩამონადენი წყლების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსაზღვრის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ხოლო წყალუხვობისა და წყალმცირობის პერიოდებში, მდინარეული წყლის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია პირველ ცხრილში. კურლოვის ფორმულის მიხედვით მას აქვს შემდეგი სახე:

ცხრილი 1

წყლის ქიმიური შედგენილობა კურლოვის ფორმულის მიხედვით

წყალუხვობის პერიოდები		
06/2018	06/2016	05/2013
$M_{0.5} \frac{HCO_3^- 76}{Ca^{++} 73}$	$M_{0.4} \frac{HCO_3^- 78}{Ca^{++} 75}$	$M_{0.4} \frac{HCO_3^- 75}{Ca^{++} 69 Na^+ 25}$
წყალმცირობის პერიოდები		
09/2018	09/2016	08/2013
$M_{0.3} \frac{HCO_3^- 70 SO_4^{--} 22}{Ca^{++} 65 Na^+ 26}$	$M_{0.4} \frac{HCO_3^- 72 SO_4^{--} 20}{Ca^{++} 68}$	$M_{0.3} \frac{HCO_3^- 70 SO_4^{--} 22}{Ca^{++} 62 Na^+ 30}$

ცხრილი 2

მდ. ქურუმისხევის ზედაპირული ჩამონადენის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსაზღვრის შედეგები

სიჩქარის აღების თარიღი	შედეგნილობა 1 ლიტრ წყალში																		სიხისტე	pH				
	ანოინები						კათიონები						ა/გრ 'ა ₅₀₁ 'აიდეგ ინიანგე	ა/გრ 'ფიციანსეც სადეცი	ა/გრ ზ									
	Cl ⁻		SO ₄		HCO ₃		Na+K		Ca ⁺		Mg ⁺⁺													
	ფაფაბაიე	% 'ზნი-ზე	ფაფაბაიე	ზნი-ზე	ფაფაბაიე	ზნი-ზე	ფაფაბაიე	ზნი-ზე	ფაფაბაიე	ზნი-ზე	ფაფაბაიე	ზნი-ზე												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
05/2013	16.2	0.46	9.07	38.7	0.81	15.98	231.8	3.80	74.95	29.2	1.27	25.05	70.1	3.50	69.03	3.6	0.30	5.92	390	0.3840	10.6	3.8	3.0	7.4
08/2013	13.2	0.37	7.87	49.4	1.03	21.91	201.3	3.30	70.22	32.2	1.40	29.79	58.1	2.90	61.70	4.9	0.40	8.51	359	0.3440	9.2	3.3	4.6	7.8
06/2016	12.0	0.34	6.44	40.3	1.84	15.91	250.1	4.10	77.65	22.5	0.98	18.56	80.1	4.00	75.76	3.6	0.30	5.68	408	0.3920	12.0	4.3	3.4	7.6
09/2016	15.9	0.45	7.72	56.8	1.18	20.24	256.2	4.20	72.04	21.4	0.93	15.95	80.2	4.00	68.61	13.4	0.90	15.44	444	0.4260	13.7	4.9	2.7	7.8
06/2018	14.1	0.40	6.63	49.4	1.03	17.08	280.6	4.60	76.29	28.3	1.23	20.40	88.2	4.40	72.97	4.8	0.40	6.63	465	0.4540	13.4	4.8	1.8	7.7
09/2018	13.2	0.37	8.60	44.4	0.93	21.63	183.0	3.00	69.77	25.3	1.10	25.58	56.1	2.80	65.12	4.9	0.40	9.30	327	0.312	9.0	3.2	2.7	7.8
02/2019	12.6	0.36	6.58	48.5	1.01	18.46	250.1	4.10	74.96	10.8	0.47	8.59	92.2	4.60	84.10	4.9	0.40	7.31	419	0.3920	14.0	5.0	2.3	7.7
08/2019	12.0	0.34	5.60	92.6	1.93	31.80	231.8	3.80	62.60	17.7	0.77	12.69	88.2	4.40	72.49	10.9	0.90	14.83	453	0.4180	14.8	5.3	1.7	7.4
04/2020	16.5	0.47	8.58	48.5	1.01	18.43	244.0	4.00	72.99	11.0	0.48	8.76	80.2	4.00	72.99	12.2	1.00	18.25	412	0.3940	14	5.0	2.0	7.4
10/2020	13.9	0.39	7.85	51.8	1.08	21.73	213.5	3.50	70.42	3.2	0.37	7.44	78.2	3.90	78.47	8.5	0.70	14.09	369	0.2940	12.9	4.6	2.3	7.6

პირველი და მე-2 ცხრილების თანახმად, წყალ-უხვობის პერიოდებში, ზედაპირული (მდინარეული) ჩამონადენი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან და ჰიდროკარბონატულ-კალციუმ-ნატრიუმიან წყლის ტიპს მიეკუთვნება, ხოლო წყალმცირობისას, ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიანი და ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმიანია.

2013 წლის გამოკვლევების თანახმად [7], ზედაპირულ (მდინარეულ) ჩამონადენში საერთო მინერალიზაცია არის 390 მგ/ლ; სიხისტე – 3.8 მგ/კვკვ; ჟანგვადობა არ აღემატება 3.0 მგ/ლ; ნორმის ფარგლებშია $ph=7.4$. ანიონების შემცველობა 1 ლ წყალში შეადგენს: $Cl=9.07$ მგ.ეკვ.%; $SO_4=15.98$ მგ.ეკვ.%; $HCO_3=74.95$ მგ.ეკვ.%. კათიონების შემცველობა 1 ლ წყალში არის: $Na+K=25.05$ მგ.ეკვ.%; $Ca=69.03$ მგ.ეკვ.%; $Mg=5.92$ მგ.ეკვ.%, ამავე წლის აგვისტოს ანალიზის შედეგები კი ასეთია: საერთო მინერალიზაცია 359 მგ/ლ; სიხისტე 3.3 მგ/კვკვ; ჟანგვადობა შეადგენს 4.6 მგ/ლ; ნორმის ფარგლებშია $ph=7.8$. ანიონების შემცველობა 1 ლ წყალში არის: $Cl=7.87$ მგ.ეკვ.%; $SO_4=21.91$ მგ.ეკვ.%; $HCO_3=70.22$ მგ.ეკვ.%. კათიონების შემცველობა 1 ლ წყალში შეადგენს: $Na+K=29.79$ მგ.ეკვ.%; $Ca=61.70$ მგ.ეკვ.%; $Mg=8.51$ მგ.ეკვ.%.

პირველი ცხრილის მიხედვით, თითქმის იდენტური მაჩვენებლებია 2016, 2018, 2019 და 2020 წლებში აღებულ წყლის სინჯებში.

მონაცემთა ანალიზის შედეგად ვლინდება, რომ საკვლევი პერიოდების განმავლობაში, მათი საერთო მინერალიზაცია იცვლება 327–465მგ/ლ ფარგლებში;

მკვრივი ნაშთი $105^{\circ}C=0.2940-0.4540$ გ/ლ; სიხისტე – 3.2-5.3 მგ/კვკვ; ჟანგვადობა – 1.7-4.6 მგ/ლ; $ph=7.4-7.8$. ანიონების შემცველობა 1 ლ წყალში იცვლება: $Cl=5.60-9.07$ მგ.ეკვ.%; $SO_4=15.91-31.80$ მგ.ეკვ.%; $HCO_3=62.60-77.65$ მგ.ეკვ.%. ხოლო, კათიონების შემცველობა 1 ლ წყალში არის: $Na+K=7.44-29.79$ მგ.ეკვ.%; $Ca=61.70-84.10$ მგ.ეკვ.%; $Mg=5.92-15.44$ მგ.ეკვ.%.

მდ. ჭერემისხევის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების შედეგების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ მოცემულ პერიოდებში (2013–2020 წწ.) გამოკვლეული წყლები არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. წყალი ნორმალური მინერალიზაციისა და სიხისტისაა. წყალუხვობის პერიოდებში, წყლის საშუალო თვიური ტემპერატურა მერყეობს $t=8.7-19.20^{\circ}C$. ხოლო, წყალმცირობისას $t=20.5-23.70^{\circ}C$. ნორმის ფარგლებშია აგრეთვე ჟანგვადობა და ph .

2015 წელს საკვლევი უბნის ტერასაზე განხორციელდა ბურღვითი სამუშაოები და მეოთხეულ ნალექებში მოეწყო უდაწნეო სრულყოფილი ჭაბურღილები [8]. ამავე პერიოდში აღებულ იქნა გრუნტის წყლის 1 სინჯი. ხოლო მომდევნო წლებში (2016, 2018, 2019 და 2020 წწ.) განხორციელდა სეზონური მონიტორინგი.

სინჯების აღება ხორციელდებოდა გრუნტის წყლის სარკის ზედაპირიდან 2.5-3.0 მეტრ სიღრმეზე. ამ გამოკვლევათა შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით გრუნტის წყალი ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან ტიპს მიეკუთვნება.

ცხრილი 3

მდ. ჰერმისხევის გრუნტის წყლების ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის შედეგები

სიჩქარის აღების თარიღი	შეღებულობა 1 ლიტრ წყალში											სოხსტე	ა/გ ჰ ზღმადრფენ	Hd	აინზნიცე იანნდრან ინსადრნ იცტ იანჩქ				
	ანონები				კათიონები				ა/გ "ს501 'იდენიერენ	ა/გ 'ფიანანნიცე ათონი									
	Cl ⁻		SO ₄		HCO ₃		Na+K				Ca ⁺⁺					Mg ⁺⁺			
	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ	ფენ-ფენ			ფენ-ფენ					ფენ-ფენ	ფენ-ფენ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12/2015	0.63	10.75	0.73	12.46	4.50	76.79	1.36	23.21	3.70	63.14	0.80	13.65	447	0.4280	4.5	4.5	2.3	7.0	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 77}{Ca \cdot 63 \cdot Mg \cdot 23}$
06/2016	0.37	6.36	0.75	12.89	4.70	80.75	0.62	10.65	4.80	82.47	0.40	6.88	451	0.4420	5.2	4.7	3.2	7.4	$M_{0.3} \frac{HCO_3 \cdot 81}{Ca \cdot 82}$
09/2016	0.30	6.15	1.08	22.13	3.50	71.72	0.48	9.84	3.40	69.76	1.00	20.49	368	0.3500	4.4	4.4	2.4	7.6	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 72 \cdot SO_4 \cdot 22}{Ca \cdot 70 \cdot Mg \cdot 20}$
06/2018	0.39	7.85	1.08	21.73	3.50	70.42	0.37	7.44	3.90	78.47	0.70	14.09	369	0.2940	4.6	3.5	2.3	7.6	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 81}{Ca \cdot 74}$
02/2019	0.44	8.34	0.94	17.80	3.90	73.86	1.18	22.35	3.80	71.97	0.30	5.68	406	0.3940	4.1	3.9	3.2	7.8	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 74}{Ca \cdot 72 \cdot Na \cdot 22}$
08/2019	0.30	5.83	1.05	20.39	3.80	73.78	0.55	10.68	4.10	79.61	0.50	9.71	393	0.3760	4.6	3.8	2.8	7.6	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 74}{Ca \cdot 79}$
04/2020	0.64	8.61	0.60	8.06	6.20	83.33	0.50	6.72	6.00	80.65	0.94	12.63	590	0.4550	1.44	6.20	-	6.85	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 83}{Ca \cdot 81}$
10/2020	0.64	12.65	0.02	0.39	4.40	86.96	0.63	12.46	4.00	79.05	0.43	8.49	392	0.2960	4.43	4.40	-	7.1	$M_{0.4} \frac{HCO_3 \cdot 87}{Ca \cdot 79}$

მე-3 ცხრილის მონაცემების თანახმად, წლების განმავლობაში ანიონების შემცველობა 1 ლ წყალში იცვლება: Cl=6.15-12.65 მგ.ეკვ.%; SO₄=0.39-22.13 მგ.ეკვ.%; HCO₃=70.42-86.96 მგ.ეკვ.%. ხოლო, კათიონების შემცველობა 1 ლ წყალში შეადგენს: Na+K=6.72-25.84 მგ.ეკვ.%; Ca=50.21-82.47 მგ.ეკვ.%; Mg=5.68-23.95 მგ.ეკვ.%. საერთო მინერალიზაცია იცვლება 368-590 მგ/ლ; მკვრივი ნაშთი 105°C=0.296-0.455 გ/ლ; სიხისტე 1.44-5.2 მგ/ეკვ; ჟანგვადობა 2.3-3.2 მგ/ლ ფარგლებში; pH=7.0-7.8.

გრუნტის წყალი, ისევე, როგორც წყაროების გამოსავლებებიდან აღებული სინჯები არის უფერო, გამჭვირვალე, არ დაჰკრავს უცხო გემო ან სუნს და აქვს დამაკმაყოფილებელი ორგანოლექტიკური თვისებები. დანალექ ქანებთან ხანგრძლივი კონტაქტის პირობებში წყალი კალციუმით არის გამდიდრებული.

თუ შევადარებთ წყალუხვობის პერიოდებში ზედაპირული მდინარეული ჩამონადენისა და სადამკვირვებლო ჭაბურღილებიდან აღებული წყლის სინჯების ფიზიკურ-ქიმიურ შედგენილობას, რომელთა სინჯების აღება ერთდროულად მიმდინარეობდა 2015 წლიდან 2020 წლის ჩათვლით, მათ თითქმის

ანალოგიური მაჩვენებლები ახასიათებთ. განსხვავებულია მხოლოდ წყლის ფერი, რომელიც წყალუხვობის პერიოდებში ოპალისებრ შეფერილობას დებულობს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ 2016 წელს წყალმცირობისას ფიქსირდება სულფატების შემცველობა, როგორც ზედაპირულ ჩამონადენში, ისე გრუნტის წყლებიდან აღებულ სინჯებში [9].

გამოკვლევული წყლების ქიმიური უვნებლობისა და დამაკმაყოფილებელი ორგანოლექტიკური მაჩვენებლების მიუხედავად, მათი სასმელი ვარგისობის შეფასებისათვის 2019 წლის მარტსა და აგვისტოში ჩატარდა მიკრობიოლოგიური გამოკვლევები. ამ გამოკვლევათა შედეგები მოცემულია მე-4 ცხრილში, რომლის თანახმადაც, საერთო კოლიფორმული ბაქტერიების რაოდენობა 300 მლ-ში არ დაიშვება. ასევე, არ დაიშვა ნეგატიური კოლონიის წარმომქმნელი ერთეულის რაოდენობა 100 მლ-ში. რაც შეეხება მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების კოლონიების წარმოქმნილი ბაქტერიების მაჩვენებლებს, ნორმატივების მიხედვით, მათი რაოდენობა საგრძნობლად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს [3].

ცხრილი 4

მდ. ჭერემისხევის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

№	მაჩვენებლები	განზომილების ერთეული	შედეგები	
			2019 წელი	
			აგვისტო	მარტი
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	ბაქტერიების რაოდენობა 300 მლ-ში	არ ფიქსირდება	არ ფიქსირდება
2	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები კოლონიების წარმოქმნილი ბაქტერიების რაოდენობა 1 მლ-ში	37 C ≤20	188	47

გაგრძელება

3	კოლიფაგები, ნეგატიური კოლონიის წარმომქმნელი	ერთულის რაოდენობა 100 მლ-ში	არ ფიქსირდება	არ ფიქსირდება
4	ნ.ჩ.ჯ.ბ-ის რაოდენობა	100 მლ წყალში	46	28
5	E. coli	ბაქტერიების რაოდენობა 300მლ	არ ფიქსირდება	არ ფიქსირდება

საკვლევ უბანზე ფორმირებული წყლების მიკრობული ხარისხის გაუარესება აღინიშნება ზაფხულის სეზონზე. თუმცა, არც მარტის მონაცემებია სახარბიელო.

მდ. ჭერემისხევის წყლის მონიტორინგის პირველი ეტაპი განხორციელდა 2015-2016 წწ-ში. ამ გამოკვლევათა შედეგების თანახმად, კოლონიების წარმომქმნელი ბაქტერიებისა და კოლიფორმების მაჩვენებლების რაოდენობამ 110-170 შეადგინა, ხოლო კოლიინდექსისა – 21-39 [9].

2019 წელს ჩატარებული მონიტორინგის შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ მდ. ჭერემისხევის წყალი განეკუთვნება ზომიერად დაბინძურებულ მდინარეთა რიცხვს.

დასკვნა

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. ჭერემისხევის შერჩეულ უბანზე არაღრმა ცირკულაციის გრუნტის წყლები ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ჰიდროკარბონატულ-კალციუმთან ტიპს მიეკუთვნება. მათ აქვს კეითილსასურველი ორგანოლექტიკური თვისებები.

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, წყლის ქიმიური შედგენილობა უმნიშვნელოდ იცვლება წლების განმავლობაში, რაც მდ. ჭერემისხევის გრუნტის წყლების ქიმიური შედგენილობის სტაბილურობის ნიშანია.

ყველა გამოკვლევული მაჩვენებელი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებში ექცევა და სრულად შეესაბამება საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 15 იანვრის N58 დადგენილებით დამტკიცებულ „სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის“ მოთხოვნებს.

პირველი და მე-2 ცხრილების მონაცემთა ანალიზის თანახმად, წყალუხვობის პერიოდებში ზედაპირული (მდინარეული) ჩამონადენი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ჰიდროკარბონატულ-კალციუმთან და ჰიდროკარბონატულ-კალციუმთან-ნატრიუმთან წყლის ტიპს მიეკუთვნება, ხოლო წყალმცირობისას, იგი ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმანია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მდ. ჭერემისწყალი თავისი მოძრაობის გზაზე, ერთ-ერთ შუალედურ უბანზე კვეთს სულფატების შემცველ ქანებს (სავარაუდოდ ნეოგენური ასაკის თიხებს). წყალდიდობის უხვი ჩამონადენის ზეგავლენით ქანების სულფატების გავლენა ნეიტრალიზდება, ხოლო ზედაპირული ჩამონადენის შემცირებისას წყლის მინერალიზაციაზე მაკლასიფიცირებელ ზეგავლენას ახდენს.

რაც შეეხება წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებს, ნათლად ჩანს, რომ წყალში გარკვეული ტიპის დაბინძურება შეინიშნება. 2019 წლის გამოკვლევების თანახმად, კოლონიების წარმოქმნილი ბაქ-

ტერიებისა და ნ.ჩ.ჯ.ბ-ის (კოლიფორმები) მაჩვენებლების მომატება, ვეფქრობთ, გამოწვეულია საკვლევი უბნის სიახლოვეს მსხვილფეხა და წვრილფეხა რქოსანი პირუტყვის გადადგილებით. გამოკვლეული წყალი ბინძურდება ბიოგენური და ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად და არ შეესაბამება სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით დადგენილ სანიტარულ ნორმებს. საკვლევ ხევში წყალმიმღებების მშენებლობის შემთხვევაში უნდა შეიქმნას სამსარტყლიანი სანიტარიული დაცვის ზონები და აკუმულირებული წყალი უნდა გაიწმინდოს საქლორატორო სადგურების მეშვეობით.

ლიტერატურა

1. I. Buachidze, S. Zedgenidze, J. Iosebidge. Ecology of Alazani Artesion Basins and Recommendations on its Sanitation. Institute of Hydrology and Engineering Geology Proceedings XII. Tbilisi. 2001, 14 -19 pp. (In Georgian);
2. T. Tevzadze, G. Omsarashvili, D. Potskhveria. To Provide the Urban Territories of Natural Complexes in The Arid Zones of the Mountain Ous Regions in East Georgian With Drinking Water. Mining Journal. Tbilisi. 2014, Vol. 2. №33. 75-78 pp. (In Georgian);
3. Ordinance of the Government of Georgia №58 January 15, 2014 “On Approval of Technical Regulation of Drinking Water”. (In English);
4. T. Tevzadze, G. Omsarashvili. Criteria of Selection of Perspective Alluvial Geological Structure for Supply of Urban Territories of Arid Zone With Drinking Water. Mining Journal. Tbilisi. 2016, Vol. 2. №37. 74-77 pp. (In Georgian);
5. U. Zviadze. Methods of hydrogeological research. Publishing house “Technical University”. Tbilisi. 2013, 115-122 pp. (In Georgian);
6. Ordinance of the Government of Georgia №26, January 3, 2014 "Sanitary rules for water sampling". (In English);
7. G. Omsarashvili. Elaboration of energy saving technology for Gurjaani water supply by means of accumulation of surface run-off in the mountainous alluvial structures. Tbilisi. 2013. (In Georgian);
8. G. Omsarashvili. Receiving Drinking Water from Filtrates of Alluvial-Proluvial Sediments in Ravines on North-Eastern Slope of Tsiv-Gombori Ridge. 84th International Scientific Conference of Students “Georgian Technical University”. Tbilisi. 2017, 127 p. (In Georgian);
9. T. Tevzadze, G. Omsarashvili, P. Lortkipanidze, Kh. Soselia, L. Katsitadze, T. Omsarashvili. Research of Existing Filtrate Waters Drinking Features in Alluvial and Proluvial Sediments form the Ravine of the River Called “CHEREMI” to Supply Gurjaani City. Mining Journal. Tbilisi. 2017, Vol. 1. №38. 173-178 pp. (In Georgian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1900

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-136-147>

Evaluation of the Quality of Waters Formed in the River Cheremiskhevi Bed for the Purposes of Drinking and Domestic Water Supply

Giorgi Omsarashvili Institute of Hydrology and Engineering Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0126, Tbilisi, Village Dighomi, 4 Motsikulta Stsori Nino Street
E-mail: g.omsarashvili@gtu.ge

Reviewers:

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

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Z. Varazashvili, Leading Researcher, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: gezuravaraz@yahoo.com

Abstract. Increase in quantity of population, development of industry and agriculture has created a systemic growth of demand on water. Despite the fact that Georgia is rich in natural water resources having high quality drinking properties, in many regions and, especially, in semi-arid and humid zones, the problem of supplying the population with clean drinking water is quite acute.

The article is about the issue of utilizing the waters formed in the River Cheremiskhevi bed for prospectively supplying with water the villages (Village Velistsikhe, Village Zegaani, Village Mukuzaani) in Gurjaani municipality situated on the North-East slope of Tsiv-Gombori Ridge. With this purpose, in 2013-2020, the chemical and sanitary-microbiological characteristics of the filtrate waters in alluvial-proluvial sediments and surface (river) runoff of the River Cheremiskhevi were studied in field and stationary conditions.

Key words: drinking water supply; hydrology; hydrogeology; water quality.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1900

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-136-147>

Оценка качества вод, формировавшихся в русле реки Черемисхеви, в целях питьевого и хозяйственного водоснабжения

გიორგი
ომსარაშვილი Институт гидрогеологии и инженерной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0126, Тбилиси, пос. Дигომი, улица Равноапостольной Святой Нино, 4
E-mail: g.omsarashvili@gtu.ge

Рецензенты:

М. Мардашова, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

З. Варазашвили, ведущий научный сотрудник горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: gezuravaraz@yahoo.com

Аннотация. Численный рост населения, развитие промышленности и сельского хозяйства породило системное увеличение спроса на воду. Несмотря на то, что Грузия богата высоко качественными ресурсами питьевой воды, во многих регионах страны и особенно, в полуаридных и полугумидных зонах, вопрос обеспечения населения чистой питьевой водой стоит достаточно остро.

Статья касается вопросов использования вод, формировавшихся в русле реки Черемисхеви, для перспективного водоснабжения расположенных на северо-восточном склоне Цив-Гомборского хребта сёл Гурджаанского муниципалитета (с. Велисцихе, с. Зегаани, с. Мукузани). В этих целях, в 2013-2020 гг. в полевых и стационарных условиях были исследованы химические и санитарно-микробиологические характеристики поверхностных (речных) и существующих в Аллювиально-Проллювиальных отложениях фильтратов воды.

В результате химических анализов было установлено, что вода принадлежит гидрокарбонатно-кальциевому типу и ее минерализация не превышает 0,5 гр/л. Согласно динамике сезонных изменений главных ионов, все исследованные показатели колеблются в рамках допустимых концентраций. Однако, результаты микробиологических анализов показали, что исследованная вода загрязняется антропогенным воздействием и не соответствует санитарным нормам установленным техническим регламентом питьевой воды.

Ключевые слова: качество воды; снабжение питьевой водой; гидрогеология; гидрология.

განხილვის თარიღი 10.02.2020

შემოსვლის თარიღი 15.02.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 627.11:627.81

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

**წყალსადინარის გასწვრივ ბმული ღვარცოფული გამონატანის ზომების დადგენა,
ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური და ჰიდრაულიკური მახასიათებლების
გათვალისწინებით**

მაია კუპრავიშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

დ. კერესელიძე, თსუ-ის, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი.

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

გ. ნატროშვილი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის
უფროსი მასწავლებელი

E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

ანოტაცია. ღვარცოფული ხასიათის წყლასადი-
ნარევის სათავეებში ან მათ მიმდებარე ტერიტო-
რიებზე მეწყრების, ფერდობების ჩამონგრევის, ერო-
ზიის და სხვა ენდოგენური ან ეგზოგენური პროცე-
სების შედეგად წარმოქმნილი მყარი ფაზა გროვდება
ეროზიულ ღრანტეებსა ან თვით კალაპოტის ცალ-
კეულ უბნებში. მეცნიერების მიერ ჩატარებული უამ-
რავი საველე და ლაბორატორიული ექსპერიმენტის
საფუძველზე, ღვარცოფული ნარევის ცნობილი ანო-
მალური თვისებების გათვალისწინებით, რაც მათ
ფიზიკურ-მექანიკური და რეოლოგიურ-ჰიდრაუ-

ლიკური მახასიათებლების დადგენას წარმოადგენს,
დადგინდა ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის
სიგრძე და მისი ზედაპირის პროფილი ნარიყის კო-
ნუსზე, ეროზიული ღრანტეებიდან „მზა“ ღვარცო-
ფული ნარევის მოწყვეტის რეალური ქანობის და
წყალსადინარის განივი კვეთების ფორმების შესა-
ბამისად.

საკვანძო სიტყვები: ბმული ღვარცოფული ნა-
რევი; ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი; საწყისი
წინაღობის ქანობი; ღვარცოფის მოცულობითი წო-
ნა; ღვარცოფული ნარევის სიბლანტის დინამიკური

კოეფიციენტი; ღვარცოფული ნარევის საწყისი წინა-
ლობა ძვრაზე; ღვარცოფული ნარევის ბირთვის და
საგრადიენტო ფენის სისქე; ღვარცოფული ნარევის
სიმაღლე; ღვარცოფული გამონატანის ზედაპირის
პროფილები; ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის
სიგრძე; ცოცხალი კვეთის ფართობი.

შესავალი

ღვარცოფული ხასიათის წყლასადინარების სა-
თავეებში წლების განმავლობაში დაგროვილი ინერ-
ტული ღვარცოფული მასალა ხშირად არის თხიერი
ჩამონადენის გადაკეტვის მიზეზი და წარმოქმნის
ბუნებრივ “კაშხალს”, რომელიც განსაზღვრული მე-
ტეოროლოგიური პირობების ხელშეწყობით იჯირ-
ჯვება, ყალიბდება ერთიანი კონგლომერატი და
შემდგომ, წონასწორობის პირობების დარღვევის
შემთხვევაში, კარგავს მდგრადობას და იწყებს მოძ-
რობას კალაპოტის გასწვრივ.

ჩვეულებისამებრ, „მომზადებული“ ღვარცოფუ-
ლი ნარევი წყლასადინარის ზედა უბანში ე.წ. ერო-
ზიულ ჭრილებში მოწყვეტის მომენტამდე ზღვრუ-
ლი წონასწორობის მდგომარეობაშია, ხოლო სატრან-
ზიტო ზონასა და ნარიყის კონუსზე გამოსვლისას
ჩერდება ნულზე გაცილებით მეტი დახრის მქონე
ქანობებზე, რაც განპირობებულია იმით, რომ მათ
აქვთ საწყისი წინალობა ძვრაზე, რომლის მნიშ-
ნელობა დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი
თიხოვან-კოლოიდური, ქვიანი ჩანარებისა და
წყლის კომპონენტის განსაზღვრულ რაოდენობრივ
თანაფარდობებზე.

ძირითადი ნაწილი

ბმული ღვარცოფების ძვრაზე საწყისი წინა-
ლობის შესახებ არსებული მონაცემები ისევე, რო-
გორც მონაცემები დინამიკური სიბლანტის შესახებ,
ეფუძნება მყარი მასალის კონცენტრაციების ცვლი-
ლების ფართო დიაპაზონში ჩატარებულ საველე
დაკვირვებებს და ექსპერიმენტულ ცდებს.

შრომაში მიღებულია დამოკიდებულება, რომ-
ლის საშუალებითაც ბმული ღვარცოფული ნარევის
ძირითადი კომპონენტების კონცენტრაციებისა და
ქვისებრი ჩანარების დიამეტრების საშუალებით
განისაზღვრა ნარევის საწყისი წინალობა ძვრაზე.

$$\tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{\text{ჰ}} \exp 23(P_{\text{ჰ}} - 0,8P_{\text{ჰ}}^{0,1}) \text{ ნ/მ}^2 \quad (1)$$

ფორმულა მართებულია $P_{\text{ჰ}} = 0,6 \div 0,8$ და
 $P_{\text{ჰ}} = 0,1 \div 0,8$ მნიშვნელობების დროს.

ექსპერიმენტების შედეგებზე დაყრდნობით გა-
ნისაზღვრა ღვარცოფული ნარევის დინამიკური
სიბლანტის განმსაზღვრელი ემპირიული დამო-
კიდებულება 1მმ-ზე ნაკლები და 1მმ-ზე მეტი დია-
მეტრის მქონე ნაწილაკების მასობრივი კონცენტ-
რაციების და ქვისებრი ჩანარების საშუალო დია-
მეტრების მიხედვით [1].

$$\mu_{\text{ღვ}} = d_{\text{ჰ}} \cdot 10^6 \exp 35(P_{\text{ჰ}} - P_{\text{ჰ}}^{0,11}) \text{ ნ.წმ/მ}^2, \quad (2)$$

სადაც $P_{\text{ჰ}} = 0,6 \div 0,8$ და $P_{\text{ჰ}} = 0,1 \div 0,8$.

ბმული ღვარცოფული ნარევი, ცნობილი ანო-
მალიური თვისებების გამო, გადაადგილებისას ხა-
სიათდება უძრაობის ანუ ე.წ. „მკვდარი“ ზონის
არსებობით, რაც ასევე განპირობებულია კალაპო-
ტის განიკვეთის გეომეტრიით.

ამ ზონის პარამეტრების დადგენის შემდგომ შესაძლებელი ხდება ეროზიული ღრანტეებიდან „მზა“ ღვარცოფული ნარევის მოწყვეტის რეალური ქანობისა და შესაბამისად, გამოზიდული ნარევის სიღრმის პოვნა, რაც ღვარცოფის ფორმირებისა და მისი ნეგატიური ზემოქმედების ხარისხის პროგნოზირების საშუალებას იძლევა [2, 3].

ზემოთ აღნიშნული რეოლოგიური და ჰიდრაულიკური პარამეტრების გამოყენებით, ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის სიგრძე და ზედაპირის მოხაზულობა ნარიყის კონუსზე განისაზღვრება შემდეგი თანამიმდევრობით [5].

1. საწყისი მონაცემები: ღვარცოფული ნარევის მოცულობითი წონა - $\gamma_{\text{ღვ}}$ ნ/მ³;

მყარი ფაზის კონცენტრაცია - $P_{\text{მყ}}$, მასში ქვიანი ჩანართების წონითი კონცენტრაცია - $P_{\text{ქ}}$; ქვიანი ჩანართების საშუალო დიამეტრი $d_{\text{ქ}}$ მ; კალაპოტის ფსკერის სიგანე საწყის (0-0 კვეთი) კვეთში - B_0 მ; ამ კვეთში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლე - H_0 მ და ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი - i .

2. აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება ღვარცოფული ნარევის ჰიდრაულიკური და რეოლოგიური მახასიათებლები:

ა) ღვარცოფული ნარევის სიბლანტის დინამიკური კოეფიციენტი

$$\mu_{\text{ღვ}} = d_{\text{ქ}} \cdot 10^6 \exp 35(P_{\text{მყ}} - P_{\text{ქ}}^{0.11}) \text{ ნ.წმ/მ}^2. \quad (3)$$

ბ) ღვარცოფული ნარევის საწყისი წინაღობა ბერაზე

$$\tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{\text{ქ}} \exp 23(P_{\text{მყ}} - 0,8P_{\text{ქ}}^{0.11}) \text{ ნ/მ}^2 \quad (4)$$

გ) ღვარცოფული ნარევის ბირთვისა და საგრა-დიენტო ფენის სისქე

$$h_0 = \frac{\tau_0}{i \cdot \gamma_{\text{ღვ}}}. \quad (5)$$

i - ნარიყის კონუსის ფსკერის ქანობი;

$$h = H - h_0, \quad (6)$$

$$K = \left(\frac{h}{H}\right)^2 \cdot \left(1,5 - 0,5 \frac{h}{H}\right). \quad (7)$$

დ) სატრანზიტო ზონის პრიზმულ კვეთში თანაბრად მოძრავი ღვარცოფული ნარევის საწყისი სიჩქარე

$$V_0 = \frac{\gamma_{\text{ღვ}} \cdot i \cdot H^2 \cdot K}{3 \cdot \mu_{\text{ღვ}}} \text{ მ/წმ}, \quad (8)$$

ცოცხალი კვეთის ფართობი

$$\omega_0 = B_0 \cdot H_0 \text{ მ}^2, \quad (9)$$

ხარჯი $Q_0 = \omega_0 \cdot V_0 \text{ მ}^3/\text{წმ}. \quad (10)$

ე) საწყისი წინაღობის ქანობი:

$$i_{\text{წ}} = \frac{\tau_0}{H_0 \cdot \gamma_{\text{ღვ}}}. \quad (11)$$

ღვარცოფის გამოზიდვის სიგრძე ნარიყის კონუსზე იანგარიშება არათანაბარი მოძრაობის განტოლებიდან

$$\ell = \frac{V_0^2}{2g \cdot (i - i_{\text{წ}})} \text{ მ} \quad (12)$$

3. ღვარცოფული გამონატანის პროფილი იგება 0-0 კვეთიდან 1÷2 მ-ით დაშორებულ კვეთებში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლეების გაანგარიშებით.

1-1 კვეთი. 0-0 კვეთიდან დაშორებული $\Delta \ell_1$ მ მანძილით;

ამ შემთხვევაში კალაპოტის ფსკერის სიგანე

$$B_1 = B_0 + 2 \cdot \sin \theta \cdot \Delta \ell \text{ მ.} \quad (13)$$

$$h_{\text{ბსშ}} = H_{\text{ბსშ}} - h_0. \quad (22)$$

ღვარცოფული ნარევის სიჩქარე

$$V_1 = \sqrt{V_0^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta \ell_1 \cdot (i - i_{\psi})} \text{ მ/წმ.} \quad (14)$$

$$K = \left(\frac{h_{\text{ბსშ}}}{H_{\text{ბსშ}}} \right)^2 \cdot \left(1,5 - 0,5 \frac{h_{\text{ბსშ}}}{H_{\text{ბსშ}}} \right). \quad (23)$$

ცოცხალი კვეთის ფართობი და ღვარცოფული ნარევის სიმაღლე, გამომდინარე ხარჯის მუდმივობის ტოლობიდან,

$$\omega_0 \cdot V_0 = \omega_1 \cdot V_1 = \text{const},$$

საიდანაც
$$\omega_1 = \frac{Q_0}{V_1}. \quad (15)$$

$$H_1 = \frac{\omega_1}{B_1}. \quad (16)$$

4. ღვარცოფული ნარევის სიმაღლის დაზუსტებული მნიშვნელობა

$$H_1' = H_0 + i \cdot \Delta \ell - \frac{0,55 \cdot Q_{\text{ბსშ}}^2}{g} \left[\frac{1}{\omega_0^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right] - \Delta H_{\text{ბსბ}} \text{ მ,} \quad (17)$$

სადაც
$$Q_{\text{ბსშ}} = B_{\text{ბსშ}} \cdot H_{\text{ბსშ}} \text{ მ}^3/\text{წმ}, \quad (18)$$

$$B_{\text{ბსშ}} = \frac{(B_0 + B_1)}{2} \text{ მ და } V_{\text{ბსშ}} = \frac{(V_0 + V_1)}{2} \text{ მ/წმ.} \quad (19)$$

$$H_{\text{ბსშ}} = \frac{(H_0 + H_1)}{2} \text{ მ.} \quad (20)$$

$\Delta H_{\text{ბსბ}}$ – დაწნევის დანაკარგი ხახუნზე

$$\Delta H_{\text{ბსბ}} = \frac{3 \cdot \mu_{\text{გვ}} \cdot V_{\text{ბსშ}} \cdot \Delta \ell_1}{\gamma_{\text{გვ}} \cdot H_{\text{ბსშ}}^2 \cdot K} \text{ მ,} \quad (21)$$

სადაც K არის ღვარცოფის საშუალო სიმაღლის შესაბამისი ხარჯის კოეფიციენტი.

შემდეგ მიმდინარეობს 1-1 კვეთში ღვარცოფული ნარევის სიმაღლის, ცოცხალი კვეთის ფართობის და ხარჯის დაზუსტებული მნიშვნელობების: H_1' ; ω_1' ; Q_1' გაანგარიშება.

საწყისი წინალობის ქანობი აღნიშნულ კვეთში კი იანგარიშება ფორმულით

$$i_{\psi 1} = \frac{\tau_0}{H_1' \cdot \gamma_{\text{გვ}}}. \quad (24)$$

ვანგარიშობთ ანალოგიურად, კვეთების მიხედვით მანამ, სანამ სიჩქარე ნულს გაუტოლდება. ამ დროს ღვარცოფული გამონატანის გაჩერების სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით

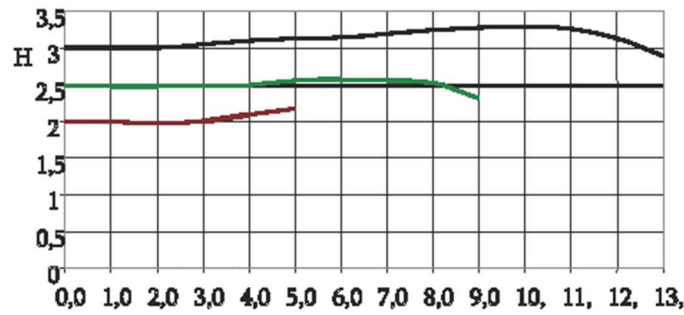
$$H = \sqrt{\frac{V_{\text{ბსშ}} \cdot 3 \cdot \mu_{\text{გვ}}}{\gamma_{\text{გვ}} \cdot i \cdot K}} \text{ მ.} \quad (25)$$

გამოთვლები ჩატარდა განსხვავებული მოცულობითი წონის და მყარ-ქვიანი კომპონენტების წონითი კონცენტრაციების მქონე ღვარცოფულ ნარევებზე. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში:

ნარიყის კონუსზე ღვარცოფული გამონატანის მორფომეტრიული პარამეტრები
 $i = 0,05$ $B_0 = 10$ მ

$P_{მყ} = 0.70; P_{ქმ} = 0.45;$ $\gamma_{ღვ} = 14826.67$ ნ/მ ³						$P_{მყ} = 0.78; P_{ქმ} = 0.56;$ $\gamma_{ღვ} = 16336.79$ ნ/მ ³						$P_{მყ} = 0.80; P_{ქმ} = 0.70;$ $\gamma_{ღვ} = 17934$ ნ/მ ³					
კვეთი	Δl_i მ	V_i მ/წმ	H_i მ	B_i მ	i_{ν}	კვეთი	Δl_i მ	V_i მ/წმ	H_i მ	B_i მ	i_{ν} მ	კვეთი	Δl_i მ	V_i მ/წმ	H_i მ	B_i მ	i_{ν} მ
0-0	0	1.58	2	10	0.024	0-0	0	1.732	2.5	10	0.0318	0-0	0	1.8	3	10	0.037
1-1	2	1.215	1.98	10.92	0.024	1-1	2	1.512	2.48	10.92	0.0312	1-1	6	1.308	3.02	12.76	0.037
2-2	2	0.687	2	11.84	0.024	2-2	2	1.259	2.47	11.84	0.0322	2-2	6	0.424	3.16	15.52	0.035
3-3	0.89	0	2.18	12.97	0.022	3-3	2	0.942	2.49	12.76	0.0319	3-3	0.71	0	3.14	15.84	0.036
$\sum \Delta l_i = 4.89$ მ						4-4	2	0.420	2.53	13.68	0.0314	$\sum \Delta l_i = 12.71$ მ					
						5-5	0.48	0	2.37	13.90	0.0336						
						$\sum \Delta l_i = 8.48$ მ											

ცხრილის საშუალებით აიგო აღნიშნული ღვარცოფული ნარეგების პროფილები გამოზიდვის კონუსზე (იხ. სურ. 1).



გამონატანის სიგრძე 1 მ

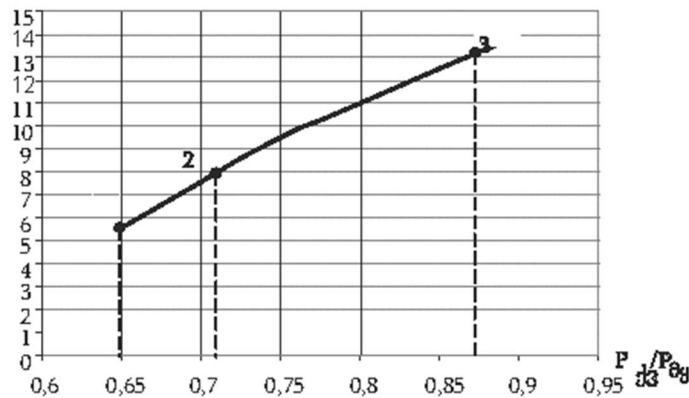
სურ. 1 ნარიყის კონუსზე ღვარცოფული გამონატანის ზედაპირის პროფილები, როცა

$$P_{მყ} = 1-0.64; 2-0.72; 3-0.88$$

ღვარცოფული ნარევის გამოზიდვის სიგრძესა და თვით ნარევის მყარ-ქვიანი კომპონენტების წონით კონცენტრაციებს შორის ურთიერთკავშირი ნარიყის კონუსის მოცემული ქანობის ($i = 0,05$) და

ტრანზიტის ზონის კალაპოტის სიგანის ($B_0 = 10$) მ პირობებში შემდეგი $\ell = f \frac{P_{ქვ}}{P_{მყ}}$ ფუნქციური მრუდით განისაზღვრა (იხ. სურ. 2).

1 მ



სურ. 2 $\ell = f \frac{P_{ქვ}}{P_{მყ}}$ დამოკიდებულების მრუდი, როცა $i = 0.05$; $B_0 = 10$ მ

აღნიშნული მრუდი მართებულია შემდეგი სასაზღვრო პირობებისთვის: $0.002 \leq d_{ქვ} \leq 0.05$; $0.75 \leq P_{მყ} \leq 0.85$; $0.45 \leq P_{ქვ} \leq 0.75$.

როგორც სურათიდან ჩანს, რაც უფრო მეტია ღვარცოფულ ნარევაში ქვიანი ჩანართების წონითი შემცველობა, მით ნაკლებია მისი სიბლანტე და მით

უფრო თავისუფლად გადაადგილდება ღვარცოფი ნარიყის კონუსის გასწვრივ.

მოცემული ჰიდრავლიკური და რეოლოგიური განტოლებების საშუალებით ღვარცოფული გამონატანის მორფომეტრიული პარამეტრების დადგენა ჩაიწერა ალგორითმის სახითაც.

დასაწყისი

საწყისი მონაცემები : $l_0, B_0, H_0, P_{გაბრი}, P_{ქ}, d_{ქ}, \gamma_{ღვ}$

$$\mu_{ღვ} = d_{ქ} \cdot 10^6 \cdot \exp 35(P_{გაბრი} - P_{ქ}^{0.11}); \quad \tau_0 = 5 \cdot 10^4 \cdot d_{ქ} \cdot \exp 23(P_{გაბრი} - 0.8P_{ქ}^{0.1})$$

$$h_0 = \frac{\tau_0}{i \cdot \gamma_{ღვ}}; \quad h_{\text{სპ}} = H_{\text{სპ}} - h_0 \quad K = \left(1.5 - 0.5 \frac{h_{\text{სპ}}}{H_{\text{სპ}}}\right) \left(\frac{h_{\text{სპ}}}{H_{\text{სპ}}}\right)^2 \quad V_0 = \frac{H^2 \cdot K \cdot i \cdot \gamma_{ღვ}}{3 \cdot \mu_{ღვ}}$$

$$i_{წიბ} = \frac{\tau_0}{H_0 \cdot \gamma_{ღვ}} \quad \gamma_{ღვ} = \frac{1}{\frac{P_{წყ} \cdot P_{ქ} + P_{გაბრი}}{\gamma_{წყ} \cdot \gamma_{ქ} + \gamma_{გაბრი}}}$$

საწყისი პირობები $i > 0, H_i > 0, H_i > h_0, \Delta \gamma_i > 0, i_{წიბ} > i$

სასაზღვრო პირობები $0.5 \leq P_{ქ} \leq 0.75; 0.75 \leq P_{გაბრი} \leq 0.85; 0.002 \leq d_{ქ} \leq 0.05 \text{ ს}$

გამოთვლა (კვეთი i+1)

1. $V_{(i+1)} = \sqrt{V_i^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} \cdot (i - i_{წიბ})}; \quad V_{\text{სპ}} = \frac{V_i + V_{(i+1)}}{2}$
2. $B_{(i+1)} = B_i + 2 \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} \cdot \sin(11^\circ + 13^\circ); \quad B_{\text{სპ}} = \frac{B_i + B_{(i+1)}}{2}$
3. $\omega_{(i+1)} = \frac{Q_i}{V_{(i+1)}} \Rightarrow H_{(i+1)} = \frac{\omega_{(i+1)}}{B_{(i+1)}}; \quad H_{\text{სპ}} = \frac{H_i + H_{(i+1)}}{2}; \quad h_{\text{სპ}} = H_{\text{სპ}} - h_0$
4. $K_{\text{სპ}(i+1)}$;
5. $H_{\text{ბაბ}(i+1)} = \frac{3 \cdot \mu_{ღვ} \cdot V_{\text{სპ}} \cdot \Delta \lambda_{(i+1)}}{\gamma_{გაბრი} \cdot H_{\text{სპ}}^2 \cdot K_{\text{სპ}}}; \quad 6. Q_{\text{სპ}} = B_{\text{სპ}} \cdot H_{\text{სპ}} \cdot V_{\text{სპ}}$

დაზუსტებული ანგარიში

- 1) $H_{(i+1)} = H_i + i \cdot \Delta \lambda_{(i+1)} - \frac{0.55 \cdot Q_{\text{სპ}}^2}{g} \left[\frac{1}{\omega_{(i+1)}^2} - \frac{1}{\omega_i^2} \right] - \Delta H_{\text{ბაბ}(i+1)}$;
- 2) $\omega_{(i+1)} = H_{(i+1)} \cdot B_{(i+1)} \Rightarrow Q_{(i+1)} = \omega_{(i+1)} \cdot V_{(i+1)}; \quad 3) K_i = \left(1.5 - 0.5 \frac{h_{(i+1)}}{H_{(i+1)}}\right) \left(\frac{h_{(i+1)}}{H_{(i+1)}}\right)^2;$
- 4) $i_{წიბ(i+1)} = \frac{\tau_0}{H_{(i+1)} \cdot \gamma_{ღვ}}; \quad 5) h_{(i+1)} = H_{(i+1)} - h_{(i+1)}$

ანგარიში გრძელდება მანამ, სანამ $V_{(n)} = 0$

- 1) $V_{\text{სპ}} = \frac{V_{(i+n-1)} + V_{(i+n)}}{2}; \quad 2) B_{(i+n)} = B_{(i+n-1)} + 2 \cdot \Delta \lambda_{(i+n)} \cdot \sin(11^\circ + 13^\circ)$
- 3) $H_{(i+n)} = \sqrt{\frac{V_{\text{სპ}} \cdot 3 \cdot \mu_{ღვ}}{\gamma_{გაბრი} \cdot K_{(i+n-1)}}}; \quad 4) H_{(i+n)\text{სპ}}; \quad 5) \omega_{(i+n)\text{სპ}} = \frac{\omega_{(i+n-1)\text{სპ}}}{2}; \quad 6) B_{(i+n)\text{სპ}};$
- 7) $Q_{(i+n)\text{სპ}} = \frac{Q_{(i+n-1)\text{სპ}}}{2}; \quad 8) H_{(i+n)\text{სპ}};$

პარამეტრების დაზუსტება ანალოგიურად : $H_{(i+n)}; i_{წიბ(i+n)}; K_{(i+n)}$

დასასრული

დასკვნა

შრომში შევარჩიეთ ის ძირითადი ჰიდრაულიკური და რეოლოგიური დამოკიდებულებები, რომელთა მიხედვითაც საკმაოდ მარტივად და ზუსტად განისაზღვრება ღვარცოფული წყალსადინარის კალაპოტის ნებისმიერ კვეთში ღვარცოფული გამონატანის გეომეტრიული ზომები, ფორმები და დაკავებული ფართობი.

შემოთავაზებული ალგორითმის და $\ell = f \frac{P_{\text{მკ}}}{P_{\text{მყ}}}$ დამოკიდებულების გამოყენება ნარიყის კონუსსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიკურად გამართლებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარების შესაძლებლობას იძლევა.

ლიტერატურა

1. O. Natishvili, V. Tevzadze. Hydraulics of mudflow and anti-mudflow structures. Tbilisi, 1995 w.gv.78 (In Georgian);
2. M. Kupravishvili. The impact of mudflows on the ecological environment of waterways. Konferenciis masalebi (tezisebi) "hidrologiis problemebi saqartveloshi" tbilisi, 1994 w. g.g. 28-29 (In Georgian);
3. M. Kupravishvili. Why Mountains Cry. Monograph ISBN:978-620-2-55486-2, Lab publishing, www.lap-publishing.com, Germany , 2020, p. 69 (In English);
4. M. Kupravishvili. The Distribution of Channel Formations (proluvium) along the Watercourse. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-66-74>, Works of Georgian Technical University №4 (514), ISSN1512-0996, 2019, pp. 66-74 (In Georgian);
5. M. Kupravishvili. Correlation angle of internal friction of the particles with alike diameter. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-75-81>, Works of Georgian Technical University №4, ISSN1512-0996, (514), 2019, pp. 75-81 (In Georgian).

UDC 627.11:627.8

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

Determining the Geometric Dimensions of the Mudflow Sedimentation Along the Watercourse Taking Into Account the Physico-mechanical and Hydraulic Characteristics of the Mixture

Maya Kupravisvili Department of Agricultural Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0192,
Tbilisi, 17 D. Guramishvili Ave.
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

D. Kereselidze, Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, Tbilisi State University named after Iv.
Javakhishvili

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

G. Natroshvili, Senior Lecturer, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

Abstract. In this article there were selected main hydraulic function with the physical, mechanical and rheological characteristics mudflow mixture, according to which the dimensions and shapes of the mudflow profile are determined quite easily and accurately in the watercourse.

Using the proposed algorithm and $\ell = f \frac{P_{st}}{P_{solid}}$ formula, it is possible to carry out environmentally friendly and economically viable measures to combat mudflows.

Key words: cohesive mudflow; dynamic coefficient of mudflow mixture; height of mudflow sedimentation; incline of the bottom of the cone; initial resistance of mudflow sedimentation; length of mudflow sedimentation; living cross-sectional area; profiles of mudflow surface; the thickness core and gradient layer of the mudflow mixture; volume of mudflow mixture.

UDC 627.11:627.8

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-148-157>

Определение размеров выноса селевого потока по руслу водотока с учетом физико-механических и гидравлических характеристик смеси

Майя Куправишвили – Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия,
0192, Тбилиси. пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Д. Кереселидзе, профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

Г. Натрошвили, старший преподаватель факультета аграрных наук и биосистем инженеринга ГТУ

E-mail : g.natroshvili@gtu.ge

Аннотация. В статье были выбраны основные гидравлические зависимости с учетом физико-механических и реологических характеристик селевой смеси, согласно которым геометрические размеры и формы профиля селевого выноса определяются довольно легко и точно в водотоке.

Используя предложенный алгоритм и формулу $\ell = f \frac{P_{\text{кам}}}{P_{\text{ТВ}}}$ можно проводить экологически безопасные и экономически обоснованные меры борьбы с селевыми явлениями.

Ключевые слова: высота селевого выноса; динамический коэффициент вязкости селевой смеси; длина селевого выноса; начальное сопротивление селевой смеси; объемный вес селя, площадь живого сечения; профили поверхности селевого выноса; связной селевой поток; толщина ядра и градиентного слоя селевого смеса; уклон дна конуса выноса; уклон начального сопротивления.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

ღვარცოფული გამონატანის მოცულობის საანგარიშო მათემატიკური მოდელი

მაია კუპრავიშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

დ. კერესელიძე, თსუ-ის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

თ. ოდილავაძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

ანოტაცია. საქართველოს ტერიტორიის მთაგორიანი რელიეფის, მასზე გავრცელებული ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენების გავრცელების და გახშირების გამო, რაც განპირობებულია როგორც ეგზოგენურ-ენდოგენური პროცესებით, ასევე ანთროპოგენურ-კლიმატური პირობებით, შესწავლილია მდ. შავი დურუჯის ხეობაში სავლე ექსპერიმენტების მონაცემებზე დაყრდნობით, ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარში კალაპოტის გარეცხვა-დალექვის მექანიზმი და ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით. აღსანიშნავია, რომ მიღებული ექსპონენციალური დამოკიდებულება ითვალისწინებს ღვარცოფის ცვალებადი მასით მოძრაობას, კალა-

პოტწარმომქმნელი მასალის დალექვა-გარეცხვის შესაბამისად და მისი განზოგადება შესაძლებელია სხვა წყალსადინარების კალაპოტებზეც, რაც ეფექტური ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების საწინდარია.

საკვანძო სიტყვები: კალაპოტური წარმონაქმნების დალექვა; კალაპოტური წარმონაქმნების გარეცხვა; ღვარცოფის ტიპები; ღვარცოფების მოძრაობა; ღვარცოფული მასის საწყისი მოცულობა; ღვარცოფის მოძრაობის დრო; ღვარცოფული მასის მატების და კლების კოეფიციენტები; ღვარცოფის მოცულობის საანგარიშო ექსპონენციალური დამოკიდებულება.

შესავალი

მიწის ფართობებსა და სავარგულეებზე ღვარცოფული მოვლენების ნეგატიური ზემოქმედების შემცირების ან მათი საერთოდ თავიდან აცილების, თანამედროვე ინჟინრული (ორგანიზაციულ-სამეურნეო) დანიშნულების ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების მიზნით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მდინარესა ან ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარში კალაპოტური წარმონაქმნების წარეცხვა-დარიყვის უბნებს შორის საზღვრის დადგენას. მის ადგილმდებარეობაზე ბევრად არის დამოკიდებული სხვადასხვა სახის საინჟინრო ნაგებობის განთავსების ადგილის შერჩევა, რაც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მათი შემდგომი ნორმალური ფუნქციონირების პირობებს.

ძირითადი ნაწილი

ეკოლოგიური მდგრადობის შესაძლო დარღვევის თვალსაზრისით, ყველაზე არასტაბილური და სახიფათო უბანი არის ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარის ნარიყის კონუსი (გამოზიდვის კონუსი) და მისი შემოგარენი (მიმდებარე ტერიტორია). მთაგორიანი ტერიტორიისათვის ეს უბანი გამოირჩევა როგორც ყველაზე უფრო ხელსაყრელი ადგილი დასახლებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულეებისათვის. ამიტომ, დღის წესრიგში დგას სატრანზიტო და აკუმულაციის ზონაში ღვარცოფული გამონატანის რაოდენობის (მოცულობის) პროგნოზირება, რაც უშუალოდ განაპირობებს მისი გავრცელების კონტურების დადგენას და, შესაბამისად, უსაფრთხო პრევენციული და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარებას.

გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ ღვარცოფის მოძრაობისას ადგილი აქვს როგორც კალაპოტის გარეცხვას (ნაკადის ნატანით გამდიდრების პროცესს), რაც ძირითადად წყალსადინარის ზემო უბანში ხორციელდება, ისე მყარი ჩამონადენის დარიყვას (უპირატესად წყალსადინარის ქვემო მონაკვეთში). ეს ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესი ხორციელდება იმის მიხედვით, თუ ურთიერთშეხებაში მყოფ სხეულთა შორის რომელია უფრო სუსტი თავისი მდგრადობით – კალაპოტის ფსკერი თუ თვით ღვარცოფის ტანი. აღწერილი პროცესების მექანიზმის გათვალისწინებით და სავსე დაკვირვებებით მოპოვებულ მასალებზე დაყრდნობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ კალაპოტის გასწვრივ ღვარცოფული გამონატანის სრული რაოდენობა და განაწილების კანონზომიერება [1].

ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით შევადგინეთ მოვლენის მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს წყალსადინარში ღვარცოფის ცვალებადი მასის მოძრაობას – როგორც ნაკადის მთლიანი მასის მოცულობის მატების, ისე კლების შემთხვევაში [2].

ორივე შემთხვევაში ღვარცოფი ხასიათდება განსაზღვრული W_0 საწყისი მოცულობით, რომელიც წყალსადინარის კალაპოტში მოძრაობს განსაზღვრული $(t-t_0)$ დროის შუალედში და განიცდის მოცულობის ცვლილებას მატებით ან კლებით.

კალაპოტური წარმონაქმნების ის ნაწილი, რომელიც კალაპოტის ერთეული ფართობიდან ემატება ღვარცოფის საწყის W_0 მოცულობას დროის ერთეულში, აღვნიშნოთ A -თი, ხოლო ღვარცოფის გადაადგილებისას დროის ერთეულში ერთეულ ფარ-

თობზე დატოვებული ღვარცოფული ნარევის მოცულობა – B-თი.

ღვარცოფული ნარევიდან კალაპოტში დატოვებული მასის და კალაპოტიდან ნარევი მიერთებული პროლუვიონის მოცულობათა შორის ურთიერთდამოკიდებულება ჩავწერთ შემდეგი სახით:

$$\frac{dw}{dt} = A - B \quad (1)$$

A და B სიდიდეებს ხარჯის განზომილება აქვთ. მიღებული განტოლების ამოხსნის მიზნით, პრინციპული მნიშვნელობა ენიჭება A და B სიდიდეების W-ზე დამოკიდებულების ხასიათს, რომელიც არის წრფივი ან არაწრფივი. სიდიდეები გამოვსახოთ ერთმანეთისგან განსხვავებული ფუნქციების სახით:

$$A = f_1(W) \quad (2)$$

$$B = f_2(W) \quad (3)$$

თუ დამოკიდებულებები წრფივი ხასიათისაა, მაშინ:

$$A = a \cdot W \quad (4) \text{ და } B = b \cdot W, \quad (5)$$

სადაც a და b ღვარცოფული ნარევის მოცულობის ზრდისა და კლების კოეფიციენტებია. ისინი დამოკიდებულნი არიან დროის ფაქტორზე, ამიტომ (1) გამოსახულება მიიღებს სახეს:

$$\frac{d_w}{d_t} = (a - b)W. \quad (6)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ღვარცოფული ნარევის ფორმირების საწყის სტადიაში, დროის რაღაც $t=t_0$ მომენტისათვის მისი მოცულობა W_0 -ის ტოლია, მაშინ (6) გამოსახულების ინტეგრირებით, ნებისმიერი T მომენტისათვის ნარევის მოცულობა ტოლი იქნება:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(a - b)(t - t_0) \quad (7)$$

მიღებული ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ როცა $a > b$, მაშინ ნარევის მოცულობა იზრდება, ხოლო როცა $a < b$, ნარევის მოცულობა მცირდება და შესაძლებელია, ამ შემთხვევაში ღვარცოფმა ნარიყის კონუსამდე ვერც მიაღწიოს.

როდესაც ნარევის მოცულობა თანდათანობით იზრდება (მოცულობის მუდმივი მატება), მაშინ დამოკიდებულება შემდეგ სახეს იღებს:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(aT) \quad (8)$$

ხოლო, როცა ნარევის მოცულობა მუდმივად კლებულობს, მაშინ:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(-bT), \quad (9)$$

სადაც $T = t - t_0$

მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა, ნებისმიერი T მომენტისათვის დადგინდეს ღვარცოფული ნარევის W მოცულობა a, b კოეფიციენტების დადგენის შემდეგ.

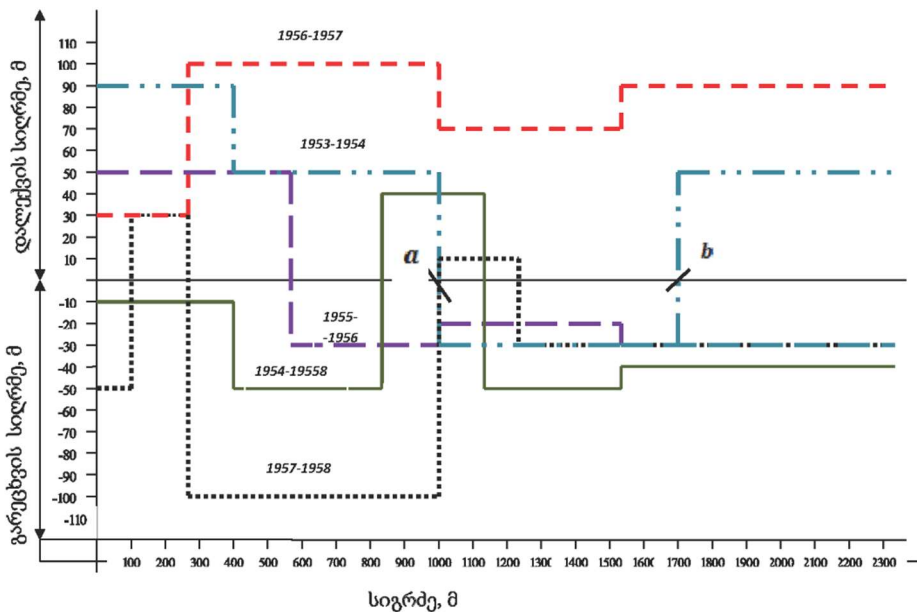
ამ მხრივ, აუცილებელია სავლელ ექსპერიმენტების ჩატარება, რაც საწყის ეტაპზე მოითხოვს გამოსაკვლევი ობიექტის (ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარის) კალაპოტის პროფილის განსაზღვრას, ღვარცოფულ კერაში დაგროვილი მთის ქანების დაშლის პროდუქტების იმ მოცულობის დადგენას, მიწერალოგიური და გრანულომეტრიული შედგენილობის გათვალისწინებით, რომელიც მოსალოდნელი კლიმატური პირობების ხელშეწყობით ფორმირდება ღვარცოფულ ნარევადად. ეს თავისთავად მოითხოვს მოსალოდნელი ღვარცოფის მოვარდნის თარიღის ზუსტ პროგნოზირებას. სწორედ ეს უკანასკნელი წარმოადგენს კვლევის ჩატარების ძირითად სირთულეს.

საველე ექსპერიმენტის შემდგომი ეტაპი დაკავშირებულია ღვარცოფის გავლის შემდეგ ჩატარებულ ანალოგიურ კვლევასთან, კერძოდ, წყალსადინარის კალაპოტის გრძივი და განივი პროფილების განსაზღვრასთან, რის შემდგომაც წყალსადინარის კალაპოტში ღვარცოფის გავლამდე და გავლის შემდეგ მიღებული პროფილების ზედდებით და ანალიზით შესაძლებელია ღვარცოფის მიერ წყალსადინარის კალაპოტის დაღეჭილი და გარეცხილი მასების მოცულობების განსაზღვრა.

აღსანიშნავია, რომ a და b კოეფიციენტების ზუსტი მნიშვნელობების მისაღებად ანალოგიური სახის საველე ექსპერიმენტები რამდენჯერმე უნდა ჩატარდეს, ხოლო (7) ფორმულის განზოგადებისთვის აუცილებელია ექსპერიმენტების ჩატარება სხვადასხვა ღვარცოფულ წყალსადინარზე, რაც თავისთავად შესაბამისი აუზების გეომორფოლოგიური, კლიმატური, მორფომეტრიული და გრანულომეტ-

რიულ-მინერალოგიური პირობების დადგენას მოითხოვს [3,4,5].

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, გავითვალისწინეთ ღვარცოფული მოვლენების ანომალიურ და არაორდინარულ ქცევასთან დაკავშირებული სირთულეები და მიზანშეწონილად მივიჩნით, შემოვფარგლულიყავით ლ. სულაქველიძის მიერ მდ. დურუჯის წყალსადინარზე საველე დაკვირვების შედეგად მიღებული კალაპოტის გრძივი პროფილების და ღვარცოფის მიერ დაღეჭილი და გარეცხილი სიმაღლეების ჰიდროგრაფების გამოყენებით (სურ. 1). ნომოგრამების ნაკლი ისაა, რომ ისინი არ ითვალისწინებენ ღვარცოფის ერთჯერადი მოვარდნის შედეგად მიღებულ კალაპოტურ დეფორმაციებს. ნომოგრამებზე წარმოდგენილია მდ. დურუჯის წყალსადინარის კალაპოტში წლების განმავლობაში მიმდინარე კალაპოტური პროცესებით მიღებული დეფორმაციები [6].



სურ. 1 მდ. დურუჯის წყალსადინარის კალაპოტის სატრანზიტო ზონის დაღეჭვა-გარეცხვის პროცესები.

აღნიშნული ნომოგრამების და მ.გაგოშიძის მიერ საველე დაკვირვებების შედეგად [7], ამავე კალაპოტში გავლილი ღვარცოფული ნარევის ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე, წყალსადინარის საწყის კვეთში განისაზღვრა W_0 საწყისი მოცულობა, ღვარცოფული ნარევის მოძრაობის დრო და ღვარცოფის მიერ დალექილი და გარეცხილი პროლუვიონის მოცულობები, რის შემდგომაც გამოვთვალეთ a და b კოეფიციენტები შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$a = \frac{A}{W} \text{ 1/წმ}; \quad (10)$$

$$b = \frac{B}{W} \text{ 1/წმ} \quad (11)$$

განვიხილოთ ერთმანეთისაგან განსხვავებული შემთხვევები:

1-ელი შემთხვევა – როცა $a \gg b$; $b = 0$, მაშინ $t \rightarrow \infty$; და $w \rightarrow \infty$, ამ დროს კალაპოტის მთელ სიგრძეზე ღვარცოფული ნარევის მოცულობა იმატებს ნაკადის მიერ წატაცებული პროლუვიონის ხარჯზე. ეს პროცესი ძირითადად დამახასიათებელია ტურბულენტური ტიპის ღვარცოფისათვის. მივიღეთ: $a = 0.000032 \div 0.00017$ და $b = 0.000005$ ან $b = 0$.

მე-2 შემთხვევა – როცა $b \gg a$; $a = 0$, მაშინ $t \rightarrow \infty$; და $W \rightarrow 0$, რაც იმას ნიშნავს, რომ ღვარცოფული ნარევი კალაპოტის მთელ სიგრძეზე განუწყვეტლივ ლექავს თავის მოცულობას. ეს პროცესი დამახასიათებელია სტრუქტურული ტიპის ღვარცოფისთვის. ამ შემთხვევაში მივიღეთ, რომ $b = 0.00012 \div 0.00035$, ხოლო $a = 0.0000037 \div 0.000005$ ან $a = 0$.

მე-3 შემთხვევა – ღვარცოფი მოძრაობის საწყის სტადიაში, ტრანზიტის ზონის შუაწელამდე ლექავს

თავის მასას ე.ი. $b > 0$ და $a = 0$. ამ დროს სტრუქტურული ღვარცოფი თანდათან ფორმირდება ტურბულენტურად და შუაწელის შემდგომ მოძრაობს კალაპოტური წარმონაქმნების წატაცებით და, შესაბამისად, ღვარცოფის მოცულობის გაზრდით, ე.ი. $a > 0$; $b = 0$. ამ შემთხვევაში გამოიზიდავს კონუსზე გამოტანილი ღვარცოფული მასალის მოცულობა დამოკიდებულია b და a კოეფიციენტების მნიშვნელობებზე და იმ დროზე, რომლის განმავლობაშიც მიმდინარეობდა ღვარცოფის საწყისი მოცულობის მატება და კლება. განხილული მაგალითისთვის მივიღეთ, რომ $b = 0.000007$ და $a = 0.000088$; გამოიზიდავს კონუსზე ამ დროს აღნიშნება ღვარცოფის საწყის მოცულობაზე მეტი მოცულობა.

მე-4 შემთხვევა – მე-3 შემთხვევის საწინააღმდეგო პროცესია, ღვარცოფული მოცულობა ჯერ იმატებს, ხოლო შუაწელის შემდეგ – იკლებს. ამ შემთხვევაში კალაპოტში თავდაპირველად მოძრაობდა ტურბულენტური ღვარცოფი, რომელიც კალაპოტის ფსკერის დიდი ქანობის გამო, თან წარიტაცებდა ნაშალ მასალას, რის გამოც გარდაიქმნა სტრუქტურულ ღვარცოფად, რომელმაც შემდგომში ფსკერის ქანობის შემცირების და განივი კვეთის გაფართოების გამო, იწყო თავისი მოცულობის ინტენსიურად დალექვა და, შესაბამისად, მოცულობის კლება. მივიღეთ: $a = 0.0000636$, $b = 0.000032$ და რადგან $a > b$, ადგილი აქვს ნარიყის კონუსზე ღვარცოფულ გამონატანს.

თვალსაჩინოებისათვის მოგვყავს ერთ-ერთი შემთხვევის მაგალითი:

მე-3 შემთხვევა, როდესაც ადგილი აქვს სტრუქტურული ღვარცოფის მიერ ტრანზიტის ზონის

შუაწელამდე დალექვის და შემდეგ კალაპოტის გარეცხვის პროცესს. ცნობილია: $a = 0.000088$ და $b = 0.000007$, ღვარცოფის საწისი მოცულობა – $W_0=11999.9$ მ³ $t_0=0$ და $t=2988.4$ წმ;

ამოხსნა:

$$W(t) = W_0 \cdot \exp(a - b)(t - t_0).$$

$$W(t) = 11999.9 \cdot 2.7^{(0.000088 - 0.000007) \cdot 2988.4} = 12799.99 \text{ (მ}^3\text{)}.$$

როგორც ვხედავთ, ნარიყის კონუსზე გამოტანილი ღვარცოფის მოცულობა ტოლია $W = 12799.99$ მ³.

შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ არა მარტო ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა, არამედ წყალსადინარის კალაპოტის მორფოლოგიური პარამეტრების გათვალისწინებით განვსაზღვროთ ამ გამონატანის მიერ დაკავებული ფართობის საზღვრები, გამონატანის სიმაღლე და აქედან გამომდინარე, შევძლოთ ამ გამონატანის მიერ ეკოლოგიურ გარემოცვაზე მიყენებული ზარალის პროგნოზირებაც.

დასკვნა

შრომში შემოთავაზებულია ღვარცოფული მასის მოცულობის საანგარიშო მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს წყალსადინარში ღვარცოფის ცვალებადი მასით მოძრაობას როგორც ნარევის მასის მატების, ისე კლების შემთხვევებს. გამოთვლილია ღვარცოფების განსხვავებული ტიპის და მოძრაობის დროს მისი მასის შემცირების და კლების კოეფიციენტები. შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა, განისაზღვროს არა მარტო ღვარცოფული გამონატანის მოცულობა, არამედ წყალსადინარის კალაპოტის მორფოლოგიური პარამეტრების გათვალისწინებით, დადგინდეს ამ გამონატანის მიერ დაკავებული ფართობის გეომეტრიული ზომები, რაც მნიშვნელოვანია ღვარცოფების ეკოლოგიურ გარემოცვაზე მიყენებული ზარალის პროგნოზირებისა და ეფექტური ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავების თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. M. Kupravisvili. The Distribution of Channel Formations (proluvium) along the Watercourse. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-66-74>, Works of Georgian Technical University №4 (514), ISSN1512-0996, 2019, pp. 66-74 (In Georgian);
2. M. Kupravisvili. Why Mountains Cry. Monograph, ISBN:978-620-2-55486-2, Lab publishing, www.lap-publishing.com, Germany, 2020, p. 69. (In English);
3. M. Kupravisvili. Character of distribution of the proluvion in the water-channel of Guly Mleta (Field experiment). Ts. Mirtskhulava Water management institute of Georgian Technical University, ISSN-1512-2344 №72018, Collected Papers № 73, 2018, pp. 59-63 (In Georgian);
4. M. Kupravisvili. Correlation angle of internal friction of the particles with alike diameter. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-75-81>, Works of Georgian Technical University №4, ISSN1512-0996, (514), 2019, pp. 75-81 (In Georgian);

5. V. Tevzadze. Statistics movement of mud-flows (highly concentrated) and their physical-mechanical and hydraulic characteristics. Tr. "Protivocelevie meropriatia", Alma-Ata, 1988, pp 41-55, (In Russian);
 6. L. Sulakvelidze, Z. Iordanishvili. The passage of mudflows along the channel of the Shavi Duruzhi mountain stream 29.VII-1956. Tr. Gruz.NIIG iM, 1957, vip. 18-19, pp. 514-522. (In Russian);
 7. M. Gagoshidze. Mud-debris flow and methods of combating them. Iz-vo "Sabchota Saqarvelo, Tbilisi, 1970, pp. 385 (In Russian).
-

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

Mathematical Model for Calculating the Volume of Mudflow

Maya Kupravisvili

Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0192,
Tbilisi, 77 M. Kostava str.

E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

D. Kereselidze, Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, Tbilisi State University

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

T. Odilavadze, Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, GTU

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Abstract. In relation with the mountainous relief of the territory of Georgia, the prevalence and frequency of erosion-avalanche phenomena, due to both exogenous-endogenous processes and anthropogenic-climatic conditions, have been studied. The article proposes a mathematical model for calculating the volume of mudflow mass, which provides for both an increase and a decrease in the mass of the mixture when the mud flows in the watercourse. The coefficients of increasing and decreasing its mass are calculated for various types and movements of the mudflow. The proposed methods make it possible to determine not only the total volume of removal, but also the geometrical dimensions of the area, taking into account the morphological parameters of the mudflow channel, which is very important for predicting negative environmental impact and for determining effective anti-mudflow measures.

Key words: coefficients of increase and decrease of mud flows; computational equilibrium method of calculating the volume of mud flows; initial volume of mud flows; movement of mud flows; sedimentation of riverbeds; time of mud flows; types of mud flows; washing of riverbeds.

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1901

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-158-165>

Математическая модель для расчета объема селевого выноса

Майя Куправишвили Департамент агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия,
0192, Тбилиси. пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Д. Кереселидзе, профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили

E-mail: davit.kereselidze@tsu.ge

Т. Одилавадзе, ассоциированный профессор факультета аграрных наук и инженерии биосистем ГТУ

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Аннотация. В связи с горным рельефом территории Грузии изучена распространенность и повторяемость эрозионно-лавиных явлений, обусловленная как экзогенно-эндогенными процессами, так и антропогенно-климатическими условиями. В статье предложена математическая модель для расчета объема селевой массы, которая предусматривает как увеличение, так и уменьшение массы смеси при движении сели в водотоке. Рассчитаны коэффициенты увеличения и уменьшения его массы при различных типах и движениях селей. Предложенные методы позволяют определить не только общий объем выноса, но и геометрические размеры площади, с учетом морфологических параметров русла селевого водотока, что очень важно для прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и для определения эффективных противоселевых мероприятий.

Ключевые слова: время движения селей; движение сели; коэффициенты увеличения и уменьшения селевой массы; метод расчета объема сели; начальный объем селей; осажение русел селевого водотока; промывание русел селевого водотока; типы селей.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-166-174>

მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური თავისებურებები

ავთანდილ ჯღამაძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

რეცენზენტები:

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

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ნ. ზაუტაშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

ანოტაცია. მუხრანის არტეზიული აუზი წარმოადგენს მაღალი ხარისხის სასმელი მტკნარი წყლებით მდიდარ რეზერვუარს. აუზის ფარგლებში, მისი შესწავლის სხვადასხვა ეტაპზე, გაიბურღა არაერთი ჰიდროგეოლოგიური ჭაბურღილი, საიდანაც მიღებულია მაღალი ხარისხის როგორც გრუნტის, ასევე დაწნევიითი წყლები.

სტატია მოიცავს მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური თავისებურებების აღწერას და ჰიდროგეოლოგიური პირობების განზოგადებას. მოქმედი წყალამღებების საექსპლუატაციო ჭაბურღილებზე ჩატარებული საცდელი ფილტრაციული კვლევების შედეგად განსაზღვრულია დაწნევიითი წყალშემცველი ჰორიზონტების ჰიდროდინამიკური პარამეტრები; შედენილია მეოთხეული ასაკის წყალშემცველი ქანების წყალგამტარობის სქემატური რუკა. წყალგამტარობის სიდიდეების ცვალებადობის

თავისებურებები დაედო საფუძვლად გამოყოფილ ჰიდროდინამიკურ ზონებს, რომელიც მუხრანის არტეზიული აუზის ფილტრაციული სტრუქტურისა და მიწისქვეშა წყლების რესურსების ფორმირების და განაწილების თვალსაჩინო გამოხატულებაა.

საკვანძო სიტყვები: არტეზიული აუზი; დაწნევიითი წყლები; მტკნარი წყლები; წყალამღები; წყალგამტარობის კოეფიციენტი; ჰიდროდინამიკური ზონა.

შესავალი

ბოლო წლებში, მუხრანის არტეზიული აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში დაძვინებულია საექსპლუატაციო უბნები, მოწყობილია ჯგუფური და ერთეული ჭაბურღილებისგან შემდგარი წყალამღები, ქ. თბილისის მოსახლეობის და კვების მრეწველო-

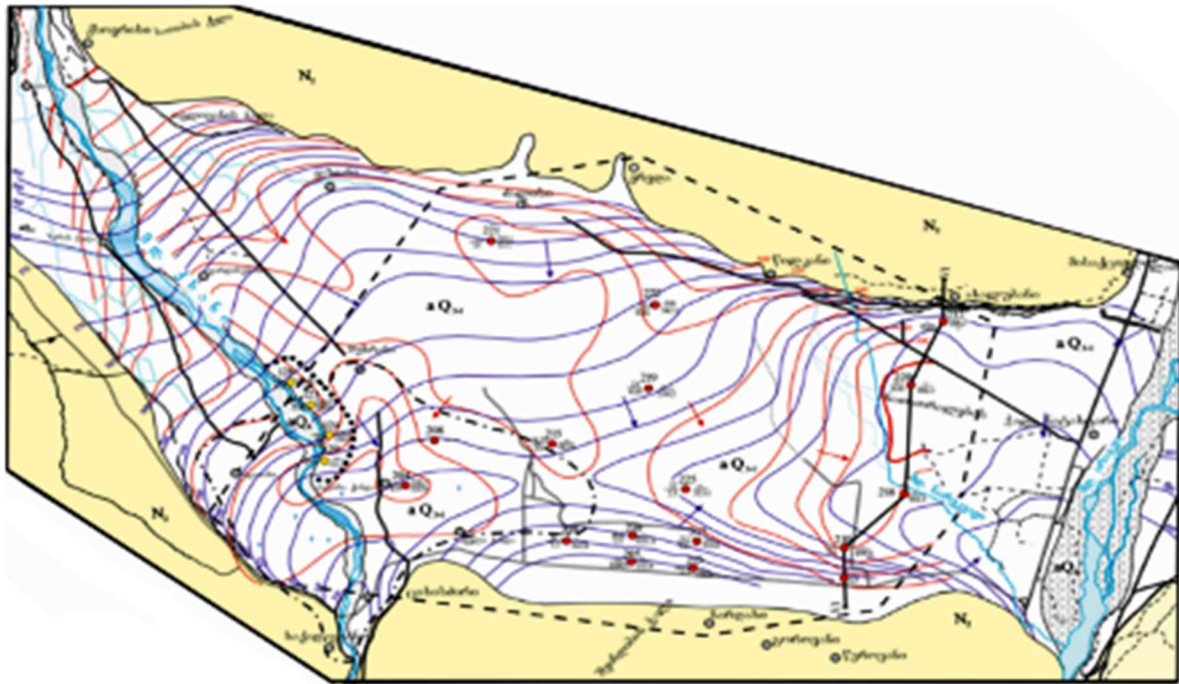
ბის სხვადასხვა პროფილის საწარმოთა წყალმომარაგებისთვის. საბადოს გამოყენების მიმართ ინტერესი არ შენელებულა. დღესაც, მოხერხებული ადგილმდებარეობისა და მაღალი სტანდარტის სასმელი წყლით მდიდარი რეზერვუარი იპყრობს წყლის ჩამოსხმის ინდუსტრიის განვითარებით დაინტერესებული ბევრი ინვესტორის ყურადღებას.

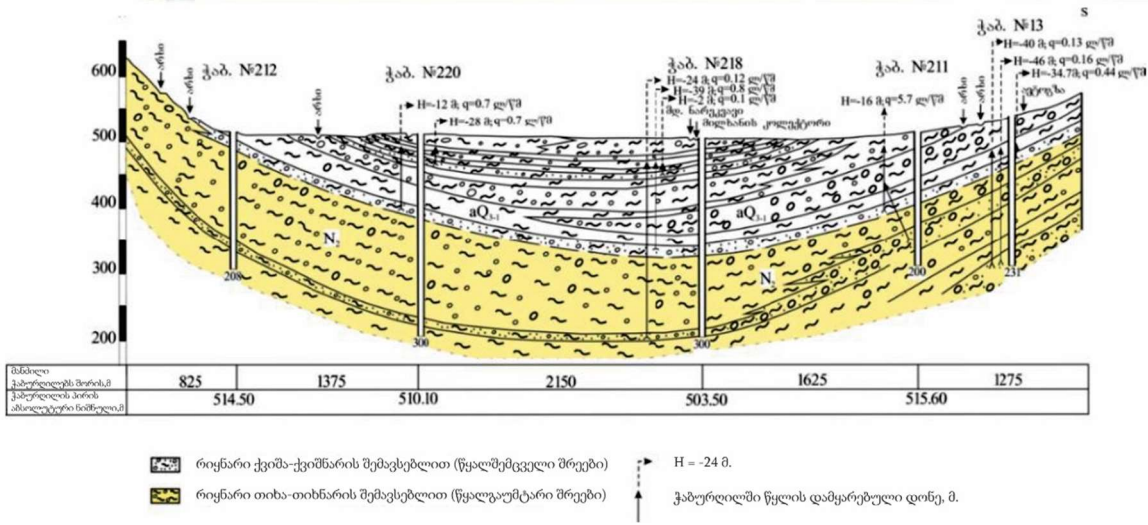
ძირითადი ნაწილი

მუხრანის ველი გეომორფოლოგიურად განეკუთვნება საშუალო და მაღალმთიანი რელიეფის მქონე რაიონს. ველის საერთო სიგრძე შეადგენს 30 კმ-ს, ფსკერის საშუალო სიგანე კი – 7-8 კმ-ს.

მუხრანის ველი მუხრან-ტირიფონის დეპრესიის ნაწილია. დეპრესიის პერიფერიებზე გავრცელებულია შედარებით ძველი გეოლოგიური ფორმაციები, ხოლო ცენტრალური ნაწილი ახალგაზრდა, მეოთხეული ნალექებით არის ამოვსებული.

მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეულ ნალექებში გამოიყოფა მდინარეების თანამედროვე კალაპოტისა და ჭალის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი (aQ_4) და დაუნაწევრებელი მეოთხეული ალუვიურ-პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი (apQ_{1-3}).





პირობითი აღნიშვნები:

- aQ₄** თანამედროვე კალაპოტის და ჭალის ზედა ტერასების ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი: კაჭარ-კენჭნარი, კენჭნარი, ხრეში, ქვიშა, თიხნარი, ქვიშნარის და თიხების შუაშრეებით.
 - aQ₃₋₄** დაუნაწვევრებული მეოთხეული ალუვიურ-პროლევიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი: კაჭარ-კენჭნარი, კენჭნარი, ხრეში, ქვიშნარი, თიხნარი, თიხები.
 - N₂** პლიოცენის ლაგუნურ-კონტინენტური ნალექების სპორადულად წყალშემცველი კომპლექსი
- წარწერები ჰაბურლილუს აღნიშვნულ წრეზე:
 ზემოთ - ჰაბურლილუს ნომერი
 მარცხნივ: მრიცხველში - თვითდენის დებიტი;
 მნიშვნელში - ხედიითი დებიტი, ლწმ;
 მარჯვნივ: მრიცხველში - გრუნტის წყლების დონის აბსოლუტური ნიშნულები, მ;
 მნიშვნელში - პირველი წვეციანი ჰორიზონტის პიეზომეტრული დონეების აბსოლუტური ნიშნულები, მ.
- წყარი
 - ქრისის საზი
 - 1971-1972 წლებში გაბურღული საცდელი ჰაბურლილები
 - 1974-1976 წლებში წინასწარი მიების სტადიაზე გაბურღული საძიებო ჰაბურლილები
 - 70-იან წლებში დეტალურად დაძიებული უზნის "ქსნის" კონტური
 - ჰიდროიზოპიესები
 - ჰიდროიზოპიეზები
 - წინასწარი მიების უზნის კონტური
 - მიწისქვეშა წყლების გამოსილვის კონტური

სურ. 1 მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროგეოლოგიური რუკა (თ. ხორბალაძის მიხედვით)

თანამედროვე კალაპოტისა და ჭალის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი (aQ₄) ფართოდაა გავრცელებული მდინარეების – არაგვისა და ქსნის კალაპოტებსა და ჭალებში. წყალშემცველს წარმოადგენს კაჭარ-კენჭნარი, შვესებული ხვინჭნარით და ქვიშით.

წყალშემცველი ჰორიზონტი მჭიდრო ჰიდროდინამიკურ კავშირშია მის საგებში გავრცელებულ

ძველი მეოთხეული ასაკის დელუვიურ-პროლევიური ნალექების წყალშემცველ ჰორიზონტებთან.

თანამედროვე და ზედა მეოთხეული ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი (aQ₃₋₄) ვრცელდება მუხრანის ველის თითქმის მთელ ტერიტორიაზე. ჰორიზონტის ფარგლებში გამოიყოფა ოთხი რაიონი:

- 1) მდ. ქსნის ველი;
- 2) მდ. არაგვის ველი;
- 3) ნარეკვავის ველი და
- 4) მდ. თემძის (საგურამოს) ველი.

დაუნაწევრებელი მეოთხეული დელუვიურ-პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი (dpQ₁₋₃) მთლიანად ავსებს ფართო, სუბგანედური მიმართულების სინკლინურ სტრუქტურას.

მუხრანის ველის ფარგლებში ეს კომპლექსი შედგება მრავალი წყალშემცველი ჰორიზონტისაგან, რომლებიც ზოგან იცვლება წყალგაუმტარი შრეებითა და ლინზებით. მეოთხეული ნალექების სიმძლავრე მუხრანის ველის ფარგლებში, ცვალებადობს 200-225 მ-ის ფარგლებში.

მეოთხეული ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი +480 მ ნიშნულამდე წარმოადგენს ჩაკეტილ სინკლინურ სტრუქტურას (რეზერვუარს). ამ ნიშნულის ზევით ხორციელდება შემომავალი დაწნევის წყლების განტვირთვა გრუნტის წყლების ჰორიზონტში.

მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური პირობები განისაზღვრება მისი სტრუქტურულ-გეომორფოლოგიური თავისებურებებით, რომლებიც, თავის მხრივ, განპირობებულია მიო-პლიოცენური ზღვიური, დიდი სიმძლავრის მქონე წარმონაქმნებით აგებული ახალგაზრდა სინკლინური სტრუქტურით. სინკლინის გული ამოვსებულია მძლავრი მეოთხეული დელუვიურ-პროლუვიური ნალექებით. აუზის ვერტიკალურ ჭრილში წყალშემცველი და წყალგაუმტარი ფენები მორიგეობს, რის გამოც მათში მოძრავი წყლები იძენს დაწნევას; დაწნევითი წყლები გადადინდება გრუნტის წყლების ჰორიზონტში. ამ პროცესს ინტენსიური ხასიათი აქვს სტრუქტურის იმ რაიონებში, სადაც მდინარეები – არაგვი და ქსანი კვეთენ მიო-პლიოცენური კონგლომერატებით წარმოდგენილ საგებს. ეს რაიონები

აუზის მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის არეებია.

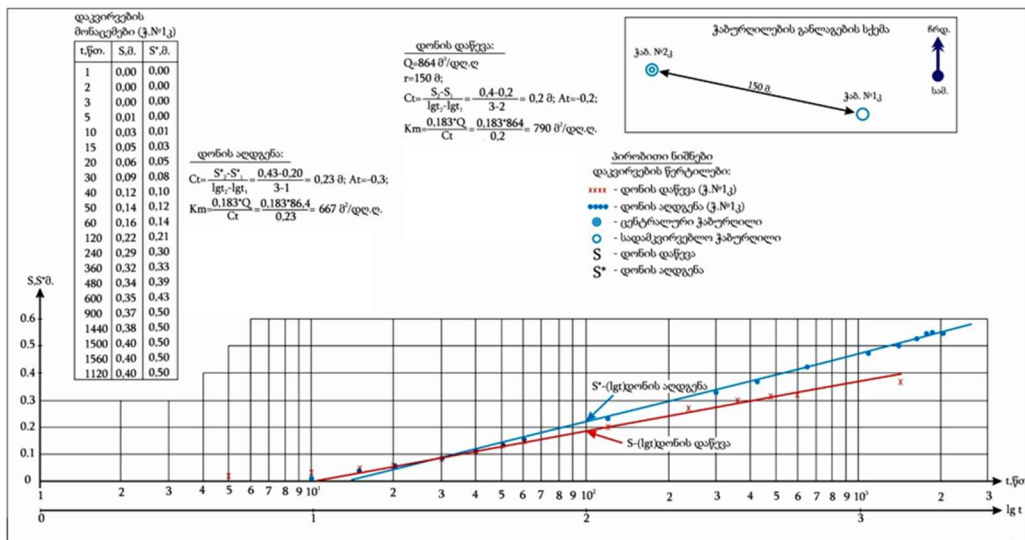
აუზის +480 მეტრის ნიშნულზე გამავალი ჰორიზონტალური სიბრტყის ზევით ფორმირდება მიწისქვეშა წყლების ინტენსიური ცირკულაციის (დინამიკური) რესურსები, რომლებიც განიტვირთება მდ. არაგვის ადგილობრივი ბაზისის ზევით, ხოლო ამ ნიშნულის ქვევით ღრმული ჩაკეტილი ვარცლი-სებრი რეზერვუარია.

მდ. ქსნის ველის ფარგლებში მეოთხეული ნალექების რეგიონალური წყალგაუმტარი საგების ადგილობრივი ბაზისის უდაბლესი ნიშნული +505 მეტრზეა განლაგებული. მდ. არაგვისა და მდ. ქსნის ველების ბლოკების მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის ბაზისების ნიშნულებს შორის განსხვავება 25 მ-ია, ხოლო ნაკადის დაქანება ($i=0,002$) არაგვისკენაა მიმართული, რის გამოც მდ. ქსნის ველის, როგორც დინამიკური რესურსები, ასევე სტატიკური მარაგები გადაედინება მდ. არაგვის ბლოკში. ამიტომ, მდ. არაგვის ველის რეზერვუარის მიწისქვეშა წყლების შევსების ბუნებრივი პირობები უფრო ხელსაყრელია მუხრანის აუზის სხვა ბლოკების რეზერვუარებთან შედარებით.

მდ. არაგვის ბლოკში განთავსებულია და ფუნქციონირებს ერთეული და ჯგუფური ჭაბურღილებისაგან შემდგარი 6 წყალამღები, მათ შორის 53 ჭაბურღილისგან შემდგარი შპს „GWP-ს“ წყალამღები, რომლიდანაც ხორციელდება ქ. თბილისისთვის სასმელი წყლის მიწოდება. დანარჩენი წყალამღებით სასმელი ხარისხის მიწისქვეშა წყლებით მარაგდება წყლის ჩამომსხმელი საწარმოები.

მდ. არაგვის ბლოკში ჩატარებული კვლევების, საცდელი ფილტრაციული სამუშაოების შედეგად გამოთვლილია დაწნეითი წყალშემცველი ჰორიზონტების წყალგამტარობის კოეფიციენტები (Km). წყალამღებების (შპს „GWP-ის“, შპს „ივერია აქვა“, შპს „აქვა გეო“ და სს „სუფთა წყალი“) მიხედვით წყალგამტარობის კოეფიციენტები განისაზღვრა დამყარებული ფილტრაციის რეჟიმის პირობებისათვის და შეადგინა 4830, 4500, 4350 და 4020 მ²/დღ.-ლ.

შესაბამისად; წყალშემცველი კომპლექსის გავრცელების ჩრდილოეთ და სამხრეთ პარიფერიებზე განთავსებული წყალამღებების (შპს „აქვა ჯორჯია“ და სს „კოკა-კოლა ბოთლერს ჯორჯია“) ჭაბურღილებიდან ამოტუმბვების მონაცემები დამუშავდა დაუმყარებელი ფილტრაციის პირობებისათვის და წყალგამტარობის კოეფიციენტმა შეადგინა 1700 და 790 მ²/დღ.-ლ. შესაბამისად (სურ. 2, ცხრ. 1).

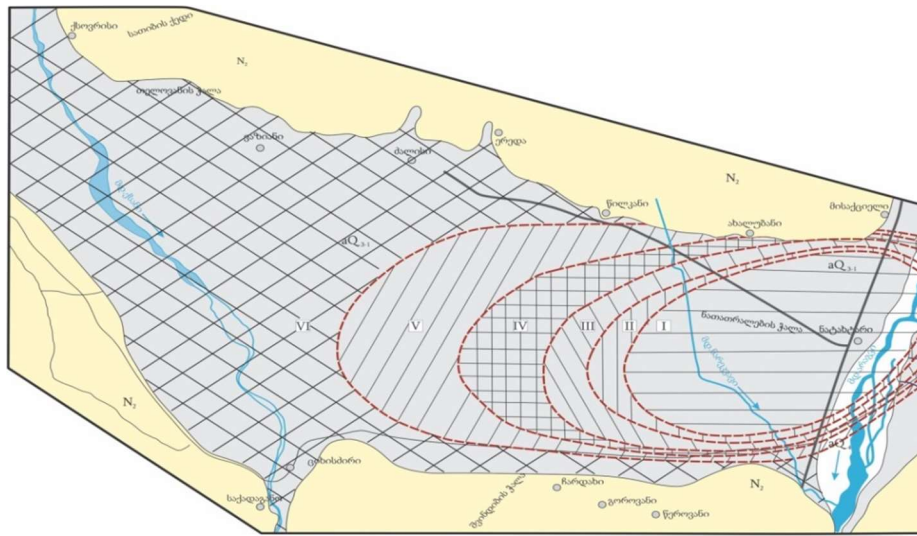


სურ. 2 სს „კოკა-კოლა ბოთლერს ჯორჯიას“ წყალამღების ჭაბურღილიდან №2კ ბურჟული ამოტუმბვის მონაცემების დამუშავება დროში დაკვირვებების მეთოდით (S-lgt)

ცხრილი 1

№	წყალამღები	წყალგამტარობის კოეფიციენტი, მ ² /დღ.-ლ.
1	შპს „აქვა გეო“	4350
2	სს „სუფთა წყალი“	4020
3	შპს „ივერია აქვა“	4500
4	შპს „GWP“	4830
5	სს „კოკა კოლა ბოთლერს ჯორჯია“	790
6	შპს „აქვა ჯორჯია“	1700

წყალგამტარობის კოეფიციენტების მიხედვით შედგენილია მუხრანის არტეზიული აუზის წყალგამტარობის სქემატური რუკა (სურ. 3).



პირობითი აღნიშვნები:

aQ_{3-1} მეოთხეული ალუვიურ-პროლუვიური წყალშემცველი ჰორიზონტი N_2 პლიოცენური ნალექები

წყალგამტარობის კოეფიციენტები
 $m^2/დღ.ღ$

I	5000 - 4000	IV	2000 - 1000
II	4000 - 3000	V	1000 - 500
III	3000 - 2000	VI	500 - 400

სურ. 3 მუხრანის არტეზიული აუზის წყალგამტარობის სქემატური რუკა

რუკაზე წყალგამტარობის კოეფიციენტების მნიშვნელობების მიხედვით გამოყოფილია ჰიდროდინამიკური ზონები: I ზონა - 5000-4000; II – 4000-3000; III – 3000-2000; IV – 2000-1000; V-1000-500 და VI - 500-400 $m^2/დღ.ღ$.

მდ. ქსნის ველზე და მდ. ნარეკვავის ველის ჩრდილოეთ ნაწილში ფიქსირდება 400-500 $m^2/დღ.ღ$. წყალგამტარობის ფართო გავრცელების ზონა (VI), რომელიც მუხრანის აუზის თითქმის მთელ დასავლეთ ტერიტორიას მოიცავს.

როგორც რუკიდან ჩანს, აუზის მეოთხეული ნალექების დაწნევიით წყლების წყალშემცველი კომპლექსის წყალგამტარობის სიდიდეების ცვალებადობის თავისებურებები მუხრანის არტეზიული აუზის ფილტრაციული სტრუქტურის მიწისქვეშა წყლების რესურსების ფორმირების და განაწილების თვალნათლივი გამოხატულებაა. მის საფუძველზე შესაძლებელი იქნება პერსპექტიული უზენების შერჩევა.

დასკვნა

ნაშრომში დახასიათებულია მუხრანის არტეზიული აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში განთავსებული მიწისქვეშა წყლების 6 საექსპლუატაციო უბანი, განხორციელებული ჰიდროგეოლოგიური კვლევების საფუძველზე; გამოთვლილია პროდუქტიული დაწნეითი წყალშემცველი კომპლექსის ძირითადი ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები; დადგენილია არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური თავისებურებები.

აუზის პროდუქტიული დაწნეითი წყალშემცველი კომპლექსის ძირითადი ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრის – წყალგამტარობის კოეფიციენტის (Km) მიხედვით გამოყოფილი ჰიდროდინამიკური ზონების მიხედვით შედგენილია წყალგამტარობის რუკა, რომელსაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს; იგი მიწისქვეშა წყლების რესურსების განაწილების გრაფიკული გამოხატულებაა და მის საფუძველზე შესაძლებელი გახდება პერსპექტიული უბნების ადგილმდებარეობის შერჩევა.

ლიტერატურა

1. I. Buachidze and others. - "Hydrogeology of the USSR, vol. X, Georgian SSR" (In Russian);
2. L. Kharatishvili, - "Hydrogeological report on complex study, rational development, ecological condition assessment and expansion of groundwater resources formation in Mukhrani Valley and infiltration sites" 2004, (In Georgian);
3. M. Mardashova, Kh. Avaliani and others. - "Hydrogeological report Study of the hydrodynamic regime of the exploitation wells within the Mukhrani artesian basin in order to evaluate the exploitation stocks" 2014, (In Georgian);
4. T. Khorbaladze, S. Kolesnikova – "Preliminary groundwater survey report for the Mukhrani Depression Quaternary and Pliocene sediments for Mtskheta and Dusheti watersheds" 1974-1977, Saqgeologiisfondebi, Tbilisi, (In Georgian);
5. J. Gabechava, V. Gvakharia, N. Cirgiladze - Hydrogeological report on the calculation of groundwater supply reserves in the "Binuli" area of the undivided quarter alluvial sediments of the Mukhrani Valley" 2013, (In Georgian);
6. V. Mikashavidze, S. Zedginidze and others. – "Report Evaluation of groundwater exploitation reserves of Tbilisi water intakes" 1972-1974, (In Georgian);
7. A. Jgamadze, - "Hydrogeological report on the calculation of groundwater exploitation reserves in the south-eastern part of the Mukhrani Artesian Basin" 2019, (In Georgian);
8. A. Jgamadze – "Mukhrani Artesian Basin, Iveria Aqua Ltd Site Inventory Calculation Report" 2017, (In Georgian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-166-174>

Hydrodynamic Features of Mukhrani Artesian Basin

Avtandil Jgamadze

Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi,
75 M. Kostava str.

E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

Reviewers:

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

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

N. Zautashvili, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

Abstract. The article contains a description of the hydrodynamic features of the Mukhran artesian basin and a generalization of the hydrogeological conditions. Based on the results of experimental filtration studies carried out in the wells of existing water intakes, the hydrodynamic parameters of pressure aquifers were determined, according to which a map of the permeability of aquifers of the Quaternary period was compiled. The peculiarities of changes in water conductivity indicators formed the basis of isolated hydrodynamic zones, which is a clear expression of the filtration structure of the Mukhran artesian basin, in terms of the distribution of pressurized groundwater resources.

Key words: Artesian basin; freshwater; hydrodynamic zone; pressure waters; water intake; water permeability coefficient.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-166-174>

Гидродинамические особенности Мухранского артезианского бассейна

Автандил Джгамадзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, М. Костава 75
E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

Рецензенты:

М. Мардашова, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Н. Зауташвили, ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

Аннотация. Статья содержит характеристику гидродинамических особенностей и обобщения гидрогеологических условий Мухранского артезианского бассейна. На основе результатов опытно – фильтрационных исследований, проведенных по скважинам действующих водозаборов, определены гидродинамические параметры напорных водоносных горизонтов, по которым составлена карта водопроницаемости водоносных пород четвертичного возраста. Особенности изменения показателей водопроницаемости легли в основу выделения гидродинамических зон, которые являются четким отражением фильтрационной структуры артезианского бассейна по распределению ресурсов напорных подземных вод.

Ключевые слова: артезианский бассейн; водозабор; гидродинамическая зона; коэффициент водопроницаемости; напорные воды; пресные воды.

განხილვის თარიღი 04.12.2020

შემოსვლის თარიღი 17.12.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-175-184>

მუხრანის არტეზიული აუზის მიწისქვეშა წყლების რესურსები

ავთანდილ ჯღამაძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

რეცენზენტები:

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

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

ნ. ზაუტაშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

ანოტაცია. მუხრანის არტეზიული აუზი მაღალი ხარისხის მიწისქვეშა მტკნარი წყლების შემცველი რეზერვუარია. არტეზიული აუზის ფარგლებში ფუნქციონირებს ცნობილი წყალამღებები და გალერეები, რომლებიც ქ. თბილისის სასმელი და საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგების ერთ-ერთი, ძირითადი წყაროა.

სტატიაში განზოგადებულია მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროგეოლოგიური პირობები. მოქმედ წყალამღებებზე ჩატარებული კვლევების შედეგად განსაზღვრულია აუზის პროდუქტიული წყალშემცველი კომპლექსის ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები, რომელთა საფუძველზე შედგენილია აუზის ჰიდროდინამიკური რუკა. შეფასებულია აუზის მიწისქვეშა წყლების რესურსების სივრცობრივი და რაოდენობრივი განაწილება. დადგენილია მიწისქვეშა წყლების დინამიკური (რესურსები) და სტატიკური (ბუნებრივი) მარაგები.

საკვანძო სიტყვები: დინამიკური რესურსები; მიწისქვეშა წყალი; მუხრანის არტეზიული აუზი; რესურსების ფორმირება; სტატიკური მარაგები; წყალამღები; წყალგამტარობის კოეფიციენტი; ჰიდროდინამიკური ზონალურობა.

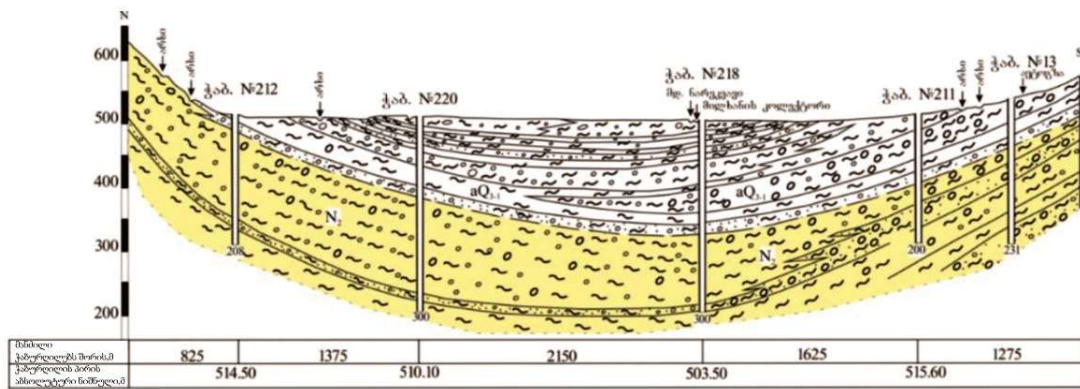
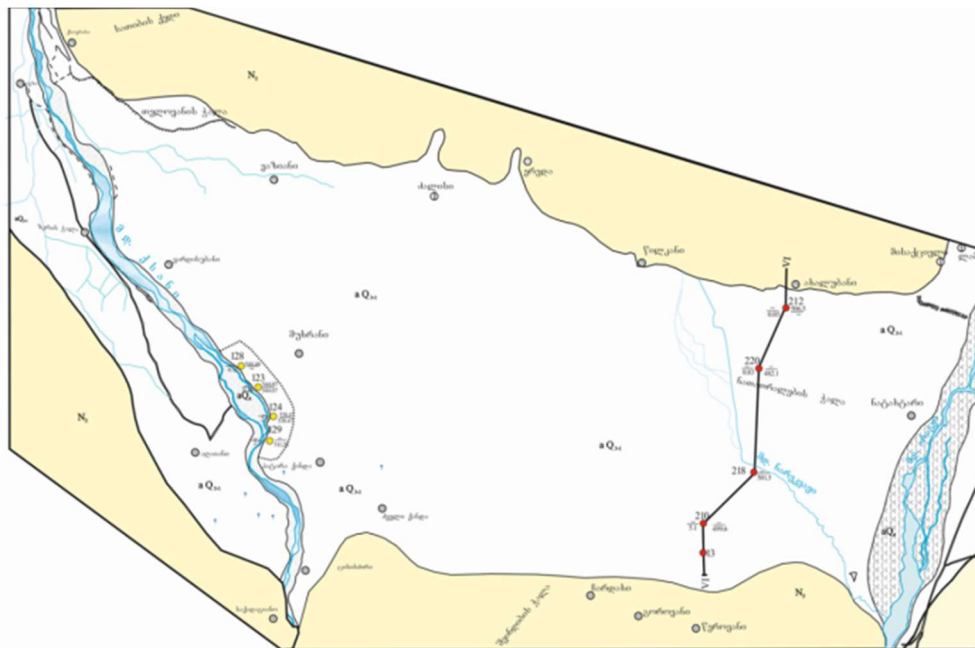
შესავალი

მუხრანის არტეზიული აუზის უაღრესად საინტერესო სტრუქტურის შესწავლას გეოლოგების არაერთი კვლევა მიემდგნა. კვლევები დაკავშირებულია მუხრანის ველის და საინფილტრაციო მოედნების მიწისქვეშა წყლების რესურსების ფორმირების პროცესების შესწავლასთან, რესურსების შეფასებასთან, მუხრანის არტეზიული აუზის ფარგლებში, ცალკეულ უბნებზე მოქმედი წყალამღების ჰიდროდინამიკური რეჟიმის შესწავლასა და საექსპლუატაციო მარაგების გამოთვლასთან.

ძირითადი ნაწილი

მუხრანის ველი წარმოადგენს სინკლინს, რომელიც ამოვსებულია თითქმის ჰორიზონტალური გავრცელების მოლასური შრეებით. დაბლობის სიგრძე შეადგენს 30 კმ-ს, ფსკერის საშუალო სიგანე კი – 7-8 კმ-ს.

დეპრესიის პერიფერიებზე განვითარებულია შედარებით ძველი გეოლოგიური ფორმაციები, ხოლო ცენტრალური ნაწილი ახალგაზრდა, მეოთხეული ნალექებით არის ამოვსებული (სურ. 1).



სურ. 1 მუხრანის არტეზიული აუზის სქემატური გეოლოგიური რუკა. მ. 1:50000 (თ. ხორბალაძის მიხედვით)

საკვლევ რაიონში მეოთხეული ნალექების გენეტიკური სახესხვაობებიდან უპირატესობა მიეკუთვნება ალუვიურ და დელუვიურ-პროლუვიურ წარმონაქმნებს. მუხრანის ველის ცენტრალურ ზოლში ამ ნალექების სიმძლავრე 200 მეტრს აღემატება. მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეულ ნალექებში გამოიყოფა მდინარეების თანამედროვე კალაპოტისა და ჭალის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი (aQ_4) და დაუნაწევრებელი მეოთხეული ალუვიურ-პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი (apQ_{1-3}).

თანამედროვე ნალექების ჰორიზონტის მიწისქვეშა წყლების ბაზაზე ფუნქციონირებს მდ. არაგვის სანაპიროს წყალამღებები და გალერეები, რომლებიდანაც ხორციელდება ქ.თბილისის მოსახლეობის ცენტრალიზებული წყალმომარაგება.

დაუნაწევრებელი მეოთხეული დელუვიურ-პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი (dpQ_{1-3}) მთლიანად ავსებს ფართო, სუბგანედური მიმართულების სინკლინურ სტრუქტურას. აუზის ვერტიკალურ ჭრილში წყალშემცველი და წყალგაუმტარი ფენები მორიგეობს, რის გამოც მათში მოძრავი წყლები იძენს დაწნევას და მუხრანის ველზე ვრცელდება როგორც დაწნევითი, ასევე უდაწნეო მიწისქვეშა წყლები.

გრუნტის წყლები აუზის თითქმის მთელ ფართობზე ვრცელდება, მათი სარკის სიღრმე 0-40 მ-ის ფარგლებში იცვლება. დაწნევითი წყლები ქმნის ერთიან ჰიდროდინამიკურ სტრუქტურას, რომლის რეჟიმი განპირობებულია ლითოფაციისა და წყალგამტარობის ცვლილებების ძირითადი კანონზომიერებით. დადგენილია, რომ მუხრანის არტე-

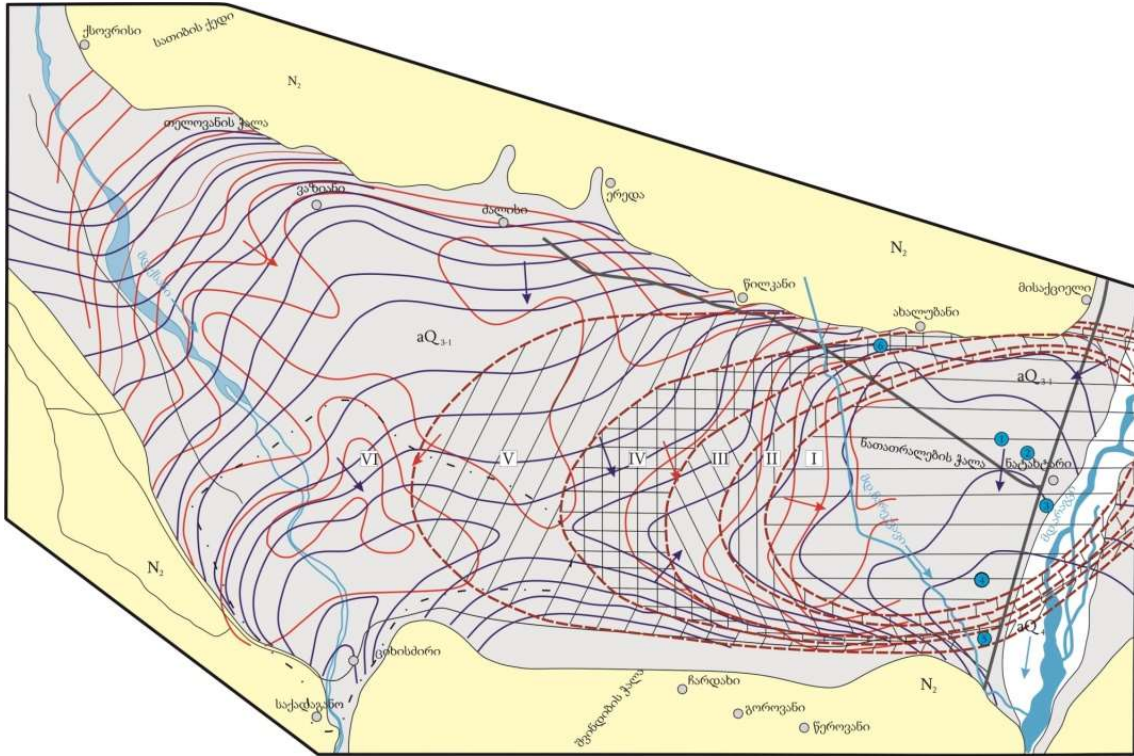
ზიული აუზის მეოთხეული ნალექებით ამოვსებულ ღრმულში +480 მეტრის დონეზე გამავალი ჰორიზონტალური სიბრტყის ზემოთ ფორმირდება ინტენსიური ცირკულაციის (დინამიკური) რესურსები, ხოლო ამ ნიშნულის ქვემოთ ღრმული თითქმის ჩაკეტილი ვარცლისებრი რეზერვუარია.

ანალოგიური სურათია მდ. ქსნის ველის ფარგლებში, სადაც მეოთხეული ნალექების რეგიონალური წყალგაუმტარი საგების ადგილობრივი ბაზისის უდაბლესი ნიშნული +505 მეტრზეა განლაგებული. გარდა ამისა, მდ. არაგვის და ქსნის ველების ბლოკების მიწისქვეშა წყლების რეზერვუარების განტვირთვის ბაზისების ნიშნულებს შორის განსხვავება არის 25 მ. ამასთანავე, დაქანება ($i=0,002$) არაგვისკენა მიმართული, რის გამოც მდ. ქსნის ველის როგორც დინამიკური რესურსები, ასევე სტატიკური მარაგები გადადინდება მდ. არაგვის ბლოკში.

მდ. არაგვის ბლოკში განთავსებულია და ფუნქციონირებს ერთეული და ჯგუფური ჭაბურღილებისაგან შემდგარი წყალამღებები, მათ შორის „მუხრანის წყალამღები“, რომლიდანაც მიეწოდება სასმელი წყალი ქ. თბილისს. აღნიშნული წყალამღების ჭაბურღილებზე ჩატარებული საცდელი-ფილტრაციული კვლევების საფუძველზე გამოთვლილია მეოთხეული ნალექების პროდუქტიული დაწნევითი წყალშემცველი კომპლექსის წყალგამტარობის კოეფიციენტები.

წყალგამტარობის კოეფიციენტების საფუძველზე შედგენილია არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური ზონალურობის რუკა (სურ. 2). როგორც რუკიდან ჩანს, აუზის მეოთხეული ნალექების დაწნევითი წყლების წყალშემცველი კომპლექსის წყალ-

გამტარობის სიდიდების ცვალებადობის თავი- რაციული სტრუქტურის მიწისქვეშა წყლების რე-
 სებურებები მუხრანის არტეზიული აუზის ფილტ- სურსების ფორმირების თვალნათლივი გამოხატვაა.



პირობითი აღნიშვნები:

	მეოთხეული ალუვიურ-პროლუვიური წყალშემცველი ჰორიზონტი		წყალგამტარობის კოეფიციენტები მ ² /დ.დ
	დაწვევითი წყლების მოძრაობის მიმართულება		
	უდაწვეო წყლების მოძრაობის მიმართულება		
	ჰიდროიზოპიეზები		
	ჰიდროიზოჰიფსები		

წყალამლები კომპანიები:

- | | | | |
|--|-------------------|--|-------------------------------|
| | შპს "აქვა გეო" | | GWP |
| | სს "სუფთა წყალი" | | სს "კოკა კოლა ბოთლერს ჯორჯია" |
| | შპს "ივერია აქვა" | | შპს "აქვა ჯორჯია" |

სურ. 2 მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკური ზონალურობის რუკა
 მასშტაბი 1:50000

მუხრანის არტეზიული აუზი სმიწისქვეშა წყლების რესურსები. მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკურ სტრუქტურაში ნათლად გამოიყოფა ორი ჰიდროდინამიკური ზონა: 1) ზედა (ადგილობრივი ბაზისის ზევით განლაგებული) – დინამიკური რესურსების ფორმირების – ინტენსიური ცირკულაციის ზონა და 2) ქვედა (ადგილობრივი ბაზისის ქვევით განთავსებული), დრეკადი რესურსების და სტატიკური მარაგების ფორმირების – შენელებული ცირკულაციის ზონა.

დინამიკური (ბუნებრივი) რესურსები. კვლევებით დადგენილია, რომ მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი (დინამიკური) რესურსები შეადგენს 5440 ლ/წმ, წყაროების გამოსავლების მიხედვით, მათ შორის 2680 ლ/წმ მოდის მდ. ქსნის ველის ბლოკზე, ხოლო დანარჩენი, 2810 ლ/წმ კი – მდ. არაგვის (2300 ლ/წმ) და ნარეკვავის (510 ლ/წმ) ბლოკებზე.

მდ. ქსნის მარჯვენა ნაპირზე გამოძვალა წყაროების მინიმალური ჯამური დებიტი შეადგენს 930 ლ/წმ-ს. ხოლო ქსნის მარცხენა ნაპირზემიწისქვეშა წყლების რესურსებიდან, 862 ლ/წმ დამტკიცებულია მარაგების კომისიის მიერ C₂ კატეგორიით. იგი თავმოყრილია ამ ველის ბლოკის მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის სამხრეთ არეში.

მდ. არაგვის ველის ბლოკის ნატახტრის „სიფონური“ წყალამლების ფარგლებში შემომავალი მეოთხეული ნალექების დაწნევითი და გრუნტის წყლების ჯამური დებიტი შეადგენს 2300 ლ/წმ, მათ შორის თითქმის ნახევარი 1200 ლ/წმ ამოიღება ნატახტრის „სიფონური“ წყალამლების მეშვეობით, დანარჩენი 1200 ლ/წმ განიტვირთება მდ. არაგვის

კალაპოტში. „სიფონური“ წყალამლების მიხედვით მიწისქვეშა წყლების მარაგები დამტკიცებულია მარაგების კომისიის მიერ, 2094 ლ/წმ, კატეგორიებით A+B+C₁.

ამრიგად, მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი (დინამიკური) რესურსები წყაროების გამოსავლების მიხედვით შეადგენს ბლოკების მიხედვით:

- ქსნის ველის ბლოკი - 1700+930=2630 ლ/წმ;
- ნარეკვავის ველის ბლოკი - 590 ლ/წმ;
- არაგვის ველის ბლოკი („სიფონური“ წყალამლების ჩათვლით)- 2300 ლ/წმ;
- ჯამში სამივე ბლოკისათვის - 5440 ლ/წმ.

გარდა ამისა, მუხრანის არტეზიული აუზის ფარგლებში მდინარეების არაგვის და ქსნის ფილტრატების გრუნტის წყლების გავრცელების ხუთ უბანზე მარაგების კომისიის მიერ დამტკიცებულია მარაგები 877 ათასი მ³/დღ-ლ ანუ 9676 ლ/წმ, რომელიც მოცემულია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1

წყალამლები	მარაგები კატეგორიებით, მ ³ /დღ.-ლ.				სულ
	A	B	C ₁	C ₂	
ნატახტარი სანაპირო	121				121
საგურამო	182				182
ჭოპორტი-მისაქციელი	104		36		140
ბულაჩაური	190				190
ქსანი მარცხ. სანაპირო, (არ გამოიყენება)	27,32	54,63	13,65	74,5	203
ქსანი მარჯვ. სანაპირო		27	14		41
ჯამში					877

მუხრანის არტეზიული აუზის აღმოსავლეთ ნა- ვითი წყლების საექსპლუატაციო მარაგები ჯამში
 წილში განთავსებული წყალამღებების მიხედვით, შეადგენს 293,9 ათასი მ³/დღ-ლ (ცხრილი 2).
 მარაგების კომისიის მიერ დამტკიცებული დაწნე-

ცხრილი 2

№	წყალამღების დასახელება	დამტკიცებული მარაგები, ათასი მ ³ /დღ.-ლ.
1	შპს „GWP“	247,726
2	შპს „აქვა გეო“	3,508
3	სს „სუფთა წყალი“	0,050
4	შპს „აქვა ჯორჯია“	5,020
5	შპს „ივერია აქვა“	19,639
6	სს „კოკა კოლა ბოთლერს ჯორჯია“	16,962
	სულ	293,905

ამრიგად, მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი (დინამიკური) რესურსები შეადგენს:

- 1) გამომავალი წყაროების მიხედვით – 5440 ლ/წმ;
- 2) მდინარეების არაგვისა და ქსნის ფილტრატების გრუნტის წყლების გავრცელების ხუთ უბანზე მარაგების კომისიის მიერ დამტკიცებული დინამიკური მარაგები – 877 ათასი მ³/დღ-ლ, ანუ 9676 ლ/წმ;

3) მუხრანის არტეზიული აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში განთავსებული წყალამღებების მიხედვით, მარაგების კომისიის მიერ დამტკიცებული დაწნევითი წყლების საექსპლუატაციო მარაგები, ჯამში - 293,9 ათასი მ³/დღ-ლ ანუ 3401 ლ/წმ.

მუხრანის არტეზიული აუზის დინამიკური რესურსები (მარაგები) შეადგენს 18517 ლ/წმ ანუ 1,6 მლნ. მ³/დღ-ლ (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

№	დინამიკური რესურსები (მარაგები)	ლ/წმ
1	გამომავალი წყაროების მიხედვით	5440
2	არაგვისა და ქსნის ფილტრატები	9676
3	დაწნევითი წყლების დინამიკური რესურსები (მარაგები)	3401
	სულ	18517

ბუნებრივი (სტატიკური) მარაგები. მუხრანის არტეზიული აუზის რეზერვუარის სიგრძე – 16 კმ, სიგანე – 6,5 კმ, ხოლო ფართობი – 100კმ²-ია. რეზერვუარის წყალშემცველი შრეების ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 100მ-ს, საერთო მოცულობა კი – 10*10¹⁰ მ³ ანუ 10 მლრდ. მ³-ს. თუ წყალშემცველი ქანების წყალგაცემის კოეფიციენტს 0,2-ის ტოლად მივიღებთ, რაც დასაბუთებულია საცდელი

ამოტუმბვებით, რეზერვუარში განთავსებული მიწისქვეშა წყლების სტატიკური მარაგები შეადგენს 2 მლრდ. მ³-ს.

მუხრანის არტეზიული აუზის მიწისქვეშა წყლების სტატიკური მარაგები რეზერვუარის ფარგლებში არათანაბრადაა განაწილებული. იგი მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

ბლოკის №	ბლოკის დასახელება	წყალშემცველი ფენის საშუალო სიმძლავრე, მ	ბლოკის ფართობი, კმ ²	ბლოკის წყალშემცვ. ჰორიზ. მოც., 10 ⁹ მ ³	სტატ. მარაგები, 10 ⁹ მ ³	მთლიანი მარაგები, %%
1	2	3	4	5	6	7
1	მდ. არაგვის	90	35,5	3,25,	0,64	32
2	მდ. ქსნის	120	42	5,04	1,00	50
3	მდ.ნარეკვავის	70	25,5	1,76	0,36	18
	სულ:	-	-	10,00	2,00	100

დასკვნა

მუხრანის არტეზიული აუზის ჰიდროდინამიკურ სტრუქტურაში გამოიყოფა ორი ჰიდროდინამიკური ზონა: 1) ზედა დინამიკური რესურსების ფორმირების – ინტენსიური ცირკულაციის ზონა და 2) დრეკადი რესურსების და სტატიკური მარაგების ფორმირების – შენელებული ცირკულაციის ზონა.

მუხრანის არტეზიული აუზის მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი (დინამიკური) რესურსები შეადგენს:

1. გამომავალი წყაროების მიხედვით – 5440 ლ/წმ;

2. მდინარეების არაგვისა და ქსნის ფილტრატების მიხედვით – 877 ათასი მ³/დღ.-ლ., ანუ 9676 ლ/წმ;

3. აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში განთავსებული წყალამლებების მიხედვით დაწნევითი წყლების საექსპლუატაციო მარაგები ჯამში – 293,9 ათასი მ³/დღ.-ლ. ანუ 3401 ლ/წმ.

მუხრანის არტეზიული აუზის დინამიკური რესურსები (მარაგები), ჯამში შეადგენს 18517 ლ/წმ ანუ 1,6 მლნ. მ³/დღ.-ლ.

მუხრანის არტეზიული აუზის მიწისქვეშა წყლების სტატიკური მარაგები შეადგენს 2 მლრდ. მ³-ს.

ლიტერატურა

1. I. Buachidze and others. “Hydrogeology of the USSR, vol. X, Georgian SSR”, (In Russian);
2. V. Mikashavidze, S. Zedginidze – “Calculation of regional (forecast) exploitation reserves of groundwater in Mukhrani Valley” Geofondebi, 1975, (In Russian):
3. D. Giorgadze – “Underground waters of the Aragvi river basin and prospects of their use, funds of geology” 1971, (In Russian);
4. L. kharatishvili – “Hydrogeological report on the complex study, rational development, assessment and protection of the ecological condition of the Mukhrani Valley and the groundwater resources of the infiltration sites”, 2004, (In Georgian);
5. M. Mardashova, A. Akhvlediani and others. – “Hydrogeological report Study of hydrodynamic regime of exploitation wells within Mukhrani artesian basin for evaluation of exploitation stocks” 2014, (In Georgian);
6. L. Kharatishvili and others. – “Hydrogeological report of the village of Mtskheta district. On detailed exploration and exploitation of groundwater deposits in the south-western periphery of Misaktsieli” 2010, (In Georgian);
7. J. Gabechava, V. Gvakharia, N. Cirgiladze - "Hydrogeological report on the calculation of groundwater exploitation reserves in the" Binuli "area of the undivided quarter alluvial sediments of the Mukhrani Valley” 2013, (In Georgian);
8. A. Jgamadze and others. – “Hydrogeological report on the calculation of groundwater exploitation reserves in the south-eastern part of the Mukhrani Artesian Basin” 2019, (In Georgian);
9. A. Jgamadze and others. – “Mukhrani Artesian Basin, Iveria Aqva Ltd Inventory Calculation Report” 2017, (In Georgian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-175-184>

Groundwater Resources of Mukhrani Artesian Basin

Avtandil Jgamadze Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi,
75 M. Kostava str.
E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

Reviewers:

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

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

N. Zautashvili, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

Abstract. The Mukhrani artesian basin is a reservoir containing high quality groundwater. Well-known aquifers and galleries are located within the artesian basin, which are one of the main sources of drinking and household water supply for the city of Tbilisi. The article summarizes the hydrogeological conditions of the Mukhrani artesian basin. The hydrogeological parameters of the productive aquifer were determined based on the results of studies carried out at the existing water intakes. A hydrodynamic map of the artesian basin was compiled. The spatial and quantitative distribution of groundwater resources in the basin has been estimated. Established dynamic (natural) resources and static (natural) reserves of groundwater.

Key words: aquifer; confined water; dynamic (natural) resources; groundwater; hydrodynamic zoning; Mukhran artesian basin; resource formation; static (natural) reserves; water conductivity coefficient; water intake.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-175-184>

Ресурсы подземных вод Мухранского артезианского бассейна

Автандил Джгამაძე Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, М. Костава 75
E-mail: a.jgamadze@gamma.ge

Рецензенты:

М. Мардашова, професор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Н. Зауташвили, ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: nanazautashvili3@gmail.com

Аннотация. Мухранский артезианский бассейн - это резервуар, содержащий подземные воды высокого качества. В пределах артезианского бассейна расположены хорошо известные водоносные горизонты и галереи, которые являются одним из основных источников питьевого и хозяйственного водоснабжения города Тбилиси.

В статье обобщены гидрогеологические условия Мухранского артезианского бассейна. По результатам исследований, проведенных на действующих водозаборах, определены гидрогеологические параметры продуктивного водоносного комплекса. Составлена карта гидродинамической зональности артезианского бассейна. Оценены пространственное и количественное распределение ресурсов подземных вод в бассейне. Установлены динамические (природные) ресурсы и статические (природные) запасы подземных вод.

Ключевые слова: водозабор; водоносный комплекс; гидродинамическая зональность; динамические (природные) ресурсы; коэффициент водопроводимости; Мухранский артезианский бассейн; напорные воды; подземные воды; статические (природные) запасы; формирование ресурсов.

განხილვის თარიღი 04.12.2020

შემოსვლის თარიღი 17.12.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-185-191>

ქ. თბილისში რ. გოგიაშვილის ქუჩაზე განვითარებული მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიში GEO5 პროგრამის გამოყენებით

ნიკო ფოფორაძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: nick.poporadze@gmail.com

რეცენზენტები:

ო. სესკურია, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასისტენტ-პროფესორი
E-mail: olikoseskuria@gmail.com

დ. ბლუაშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: datoblu@yahoo.com

ანოტაცია. ფერდობების მდგრადობის ანგარიში საკმაოდ შრომატევადია, მათი ანალიზი მოითხოვს პირველყოფლისა სწორი მეთოდის შერჩევას, ხოლო შემდგომ ფორმულების გამოყენებით მდგრადობის კოეფიციენტის გამოთვლას. ასევე აღსანიშნავია, რომ ანალიზის შედეგების ვიზუალური გაფორმება დროის ძალზე დიდ რესურსს მოითხოვს, რაც საკმაოდ არაპრაქტიკულია. აღნიშნული პრობლემის მოსაგვარებლად შექმნილია მრავალი გეოტექნიკური კომპიუტერული პროგრამა, რომელთა გამოყენებითაც შესაძლებელია ფერდობების მდგრადობის გამოანგარიშება დროის უმოკლეს პერიოდში.

საქართველოში ყველაზე გავრცელებული გეოტექნიკური პროგრამა არის GEO5 slope stability, რომელიც საშუალებას გვაძლევს პრაქტიკულად დრო-

ის დაკარგვის გარეშე გამოვიანგარიშოთ მეწყრული ფერდობების მდგრადობა სხვადასხვა მეთოდისა და სტანდარტის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: გეოტექნიკური პროგრამა GEO5; მეწყერი; ფერდობის მდგრადობა.

შესავალი

სტატიაში განხილულია ქ. თბილისში, გოგიაშვილის ქუჩაზე განვითარებული მეწყრული სხეულის მდგრადობის დაანგარიშება. ამისათვის ჩატარდა დამეწყრილი უბნის დეტალური კვლევები, კერძოდ, აიგემა საკვლევი ტერიტორიის ზედაპირი, გაიბურდა ჭაბუღილები, გამოიცადა გრუნტები ლაბორატორიაში და დადგინდა გრუნტის წყლის დონეები.

მდგრადობის დაანგარიშება განხორციელდა GEO5 slope stability პროგრამის გამოყენებით, რომლის მსვლელობის ეტაპებიც დეტალურად გვაქვს განხილული.

ძირითადი ნაწილი

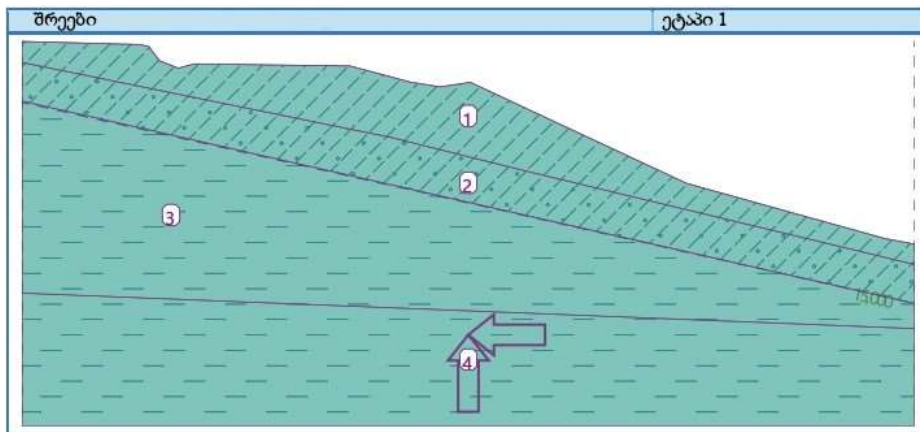
GEO5-ის პროგრამაში ანალიზის ჩასატარებლად აუცილებელია დადგინდეს ფერდობის ამგები ქანების სივრცობრივი განლაგება, მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები და გრუნტის წყლის დონეები. ასევე დამატებით შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ მიწისძვრის ზეგავლენა, სეისმური ტალღის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური აჩქარების მნიშვნელობების შეყვანით.

ზემოთ აღნიშნული პარამეტრების მისაღებად საკვლევ უბანზე გავბურღეთ 7 ჭაბურღილი, საიდანაც ავიღეთ გრუნტების ნიმუშები ლაბორატორიულ

კვლევებისთვის და დავადგინეთ გრუნტის წყლის დონეები.

პროგრამაში მუშაობის პირველ ეტაპზე ვაგებთ მეწყრული სხეულის განივ ჭრილს (სურ. 1), სადაც ნაჩვენებია ყველა საინჟინრო გეოლოგიური ელემენტი, რომელთათვისაც გაწერილია ლაბორატორიაში დადგენილი პარამეტრები, როგორცაა შიგა ხახუნის კუთხე, კუთრი შეჭიდულობის ძალა და კუთრი წონა (სურ. 2).

მეორე ეტაპზე ვითვალისწინებთ გრუნტის წყლებისა და მიწისძვრის ზეგავლენას შესაბამისად მათი დონეებისა და ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ტალღის აჩქარების მნიშვნელობების შეტანით. სეისმური ტალღის აჩქარებები დადგინდა სავსე სამუშაოების დროს შესაბამისი გეოფიზიკური სამუშაოების ჩატარებით. ამით მთავრდება მეწყრული სხეულის მოდელის აგება და გადავდივართ დასკვნით ეტაპზე – ანალიზზე.



სურ. 1

ქანების პარამეტრები

თინა

ხვედრითი წონა:	$\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
დატვირთვა:	effective
შიგა ხახუნის კუთხე:	$\varphi_{ef} = 26.50^\circ$
შემძიდროება:	$c_{ef} = 12.00 \text{ kPa}$
ტენიანი ხვედრითი წონა:	$\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

თინა ლამი

ხვედრითი წონა:	$\gamma = 18.10 \text{ kN/m}^3$
დატვირთვა:	effective
შიგა ხახუნის კუთხე:	$\varphi_{ef} = 11.00^\circ$
შემძიდროება:	$c_{ef} = 31.00 \text{ kPa}$
ტენიანი ხვედრითი წონა:	$\gamma_{sat} = 18.10 \text{ kN/m}^3$

ქვიშაქვა

ხვედრითი წონა:	$\gamma = 20.50 \text{ kN/m}^3$
დატვირთვა:	effective
შიგა ხახუნის კუთხე:	$\varphi_{ef} = 15.00^\circ$
შემძიდროება:	$c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$
ტენიანი ხვედრითი წონა:	$\gamma_{sat} = 20.50 \text{ kN/m}^3$

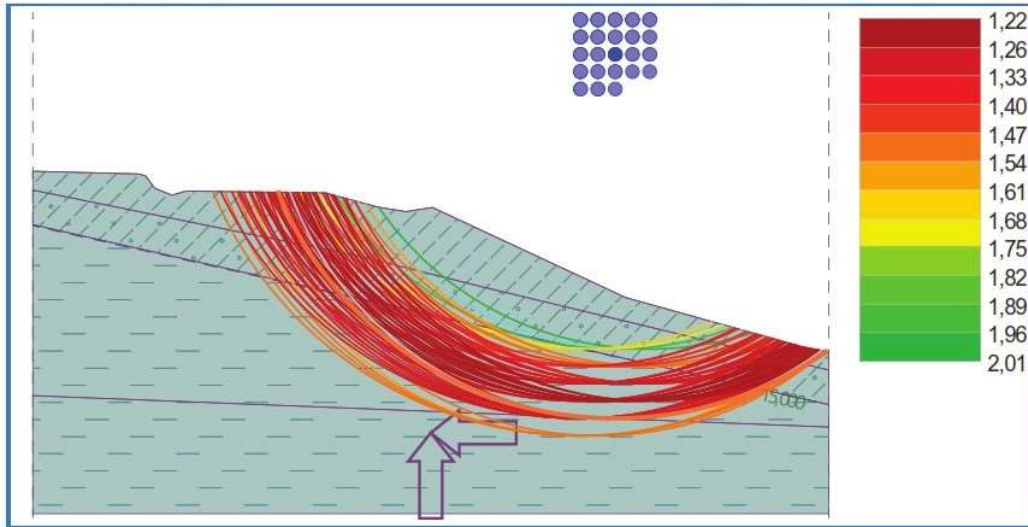
სურ. 2

დასკვნით ეტაპზე, ანალიზის ჩატარების დაწყებამდე აუცილებელია ჩვენ მიერ შექმნილ მეწყრული სხეულის ჭრილზე დავიტანოთ სრიალის ზედაპირი, რომელიც დავადგინეთ ბურღვითი სამუშაოების დროს.

ანალიზის ჩატარება შეგვიძლია 5 მეთოდის (Bishop, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, Fellenius / Petterson) და ორი ტიპის (Standard, Grid search) გამოყენებით. სტანდარტული ტიპით ჩატარების დროს შეგვიძლია ავირჩიოთ 5 მეთოდიდან ნებისმიერი ან ყველა ერთად. ანალიზის ამ ტიპით ჩატარებისას პროგრამა ითვლის ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტს მხოლოდ ჩვენ მიერ მითითებულ სრიალის ზედაპირზე, ხოლო მეორე მეთოდის

არჩევის შემთხვევაში (Grid search) პროგრამა ავტომატურად განიხილავს ჩვენ მიერ მითითებულ სრიალის ზედაპირთან ახლოს სხვადასხვა ვარიანტს და თითოეული მათგანისთვის გვაძლევს მნიშვნელობას. აღსანიშნავია, რომ ამ ტიპის ანალიზის ჩატარება შეგვიძლია მხოლოდ ერთი მეთოდის არჩევით, ვინაიდან ყველა მეთოდით დათვლის შემთხვევაში, განხილული ვარიანტები იქნება ძალიან ბევრი და მათი გარჩევა იქნება არაპრაქტიკული. ჩვენ მიერ ჩატარებული ანალიზი განხორციელდა Fellenius / Petterson-ის მეთოდისა და Grid search ტიპის ვარიანტის გამოყენებით, რომელთა შედეგები მოყვანილია ქვემოთ.

ანალიზის შედეგის ვიზუალური ნაწილი



ანალიზის შედეგის რიცხვითი მნიშვნელობები

№	ცენტრი		რადიუსი R [m]	FS	სტაბილურობა
	x [m]	z [m]			
1	43,15	27,97	19,00	1,26	არამდგრადია
2	43,15	28,97	19,00	1,34	არამდგრადია
3	43,15	28,97	20,00	1,25	არამდგრადია
4	43,15	29,97	19,00	1,54	მდგრადია
5	43,15	29,97	20,00	1,34	არამდგრადია
6	43,15	30,97	19,00	2,00	მდგრადია
7	43,15	30,97	20,00	1,54	მდგრადია
8	43,15	30,97	21,00	1,34	არამდგრადია
9	42,15	27,97	19,00	1,25	არამდგრადია
10	42,15	28,97	19,00	1,32	არამდგრადია
11	42,15	28,97	20,00	1,24	არამდგრადია
12	42,15	29,97	19,00	1,49	არამდგრადია
13	42,15	29,97	20,00	1,31	არამდგრადია
14	42,15	29,97	21,00	1,23	არამდგრადია
15	42,15	30,97	19,00	2,01	მდგრადია
16	42,15	30,97	20,00	1,49	არამდგრადია
17	42,15	30,97	21,00	1,31	არამდგრადია
18	42,15	30,97	22,00	1,23	არამდგრადია
19	41,15	26,97	19,00	1,23	არამდგრადია
20	41,15	27,97	19,00	1,24	არამდგრადია
21	41,15	27,97	20,00	1,22	არამდგრადია
22	41,15	28,97	19,00	1,30	არამდგრადია
23	41,15	28,97	20,00	1,24	არამდგრადია
24	41,15	28,97	21,00	1,22	არამდგრადია
25	41,15	29,97	19,00	1,45	არამდგრადია
26	41,15	29,97	20,00	1,29	არამდგრადია
27	41,15	29,97	21,00	1,23	არამდგრადია
28	41,15	30,97	19,00	1,90	მდგრადია
29	41,15	30,97	20,00	1,44	არამდგრადია
30	41,15	30,97	21,00	1,29	არამდგრადია

გაგრძელება

31	41,15	30,97	22,00	1,23	არამდგრადია
32	40,15	26,97	19,00	1,28	არამდგრადია
33	40,15	26,97	20,00	1,50	მდგრადია
34	40,15	27,97	19,00	1,25	არამდგრადია
35	40,15	27,97	20,00	1,28	არამდგრადია
36	40,15	28,97	19,00	1,29	არამდგრადია
37	40,15	28,97	20,00	1,25	არამდგრადია
38	40,15	28,97	21,00	1,27	არამდგრადია
39	40,15	29,97	19,00	1,41	არამდგრადია
40	40,15	29,97	20,00	1,29	არამდგრადია
41	40,15	29,97	21,00	1,25	არამდგრადია
42	40,15	29,97	22,00	1,27	არამდგრადია
43	40,15	30,97	19,00	1,72	მდგრადია
44	40,15	30,97	20,00	1,40	არამდგრადია
45	40,15	30,97	21,00	1,30	არამდგრადია
46	40,15	30,97	22,00	1,25	არამდგრადია
47	40,15	30,97	23,00	1,27	არამდგრადია
48	39,15	26,97	19,00	1,33	არამდგრადია
49	39,15	26,97	20,00	1,54	მდგრადია
50	39,15	27,97	19,00	1,27	არამდგრადია
51	39,15	27,97	20,00	1,32	არამდგრადია
52	39,15	27,97	21,00	1,54	მდგრადია
53	39,15	28,97	19,00	1,31	არამდგრადია
54	39,15	28,97	20,00	1,26	არამდგრადია
55	39,15	28,97	21,00	1,32	არამდგრადია
56	39,15	28,97	22,00	1,54	მდგრადია
57	39,15	29,97	19,00	1,39	არამდგრადია
58	39,15	29,97	20,00	1,31	არამდგრადია
59	39,15	29,97	21,00	1,27	არამდგრადია
60	39,15	29,97	22,00	1,32	არამდგრადია
61	39,15	29,97	23,00	1,53	მდგრადია
62	39,15	30,97	19,00	1,63	მდგრადია
63	39,15	30,97	20,00	1,40	არამდგრადია
64	39,15	30,97	21,00	1,31	არამდგრადია
65	39,15	30,97	22,00	1,27	არამდგრადია
66	39,15	30,97	23,00	1,32	არამდგრადია

დასკვნა

ფერდობების მდგრადობის ანგარიში საკმაოდ რთული და შრომატევადია, რომელთა ანალიზი მოითხოვს დროის დიდ რესურსს, თუმცა თანამედროვე გეოტექნიკური პროგრამები გვამძლევს საშუალებას

ასეთი ტიპის ანალიზი ჩავატაროთ საკმაოდ ეფექტურად და ზუსტად. ჩვენ მიერ განხილული პროგრამა ხასიათდება მარტივი ინტერფეისითა და გამოყენების პრეტიკულობით, რაც საშუალებას გვამძლევს ანალიზის ჩატარებისას დავზოგოთ დიდი დრო.

ლიტერატურა

1. Reinforced retaining wall design project of landslide in Tbilisi, Gogiasvili street. LTD ABSOLUTESERVICE, Tbilisi, 2020. (In English);
2. E. Tsereteli, G. Gafrindashvili, M. Gafrindashvili, T. Toguzashvili, O. Qurtsikidze, “Engineering-Geodynamic and Geological hazards assessment of Tbilisi, National Environmental Agency, Tbilisi, 2019. (In English);
3. G. Japaridze. Engineering geology of Tbilisi. Tbilisi: “Sabchota Sakartvelo”. 1984. (In Russian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-185-191>

Landslide Sustainability Report on R. Gogishvili Street in Tbilisi Using GEO5 Program

Niko Poporadze

Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0175, Tbilisi,
75 M. Kostava str.

E-mail: nick.poporadze@gmail.com

Reviewers:

O. Seskuria, Assistant Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: olikoseskuria@gmail.com

D. Bluashvili, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: datoblu@yahoo.com

Abstract. The slope stability calculation is quite time-consuming, which requires first selecting the correct method and then calculating the coefficient of stability using different formulas. It should also be noted that visualization of the analysis results requires a great deal of time, which is quite impractical. To solve this problem, many geotechnical computer programs have been created, which can be used to report slope stability reports in a split of a second.

The most common geotechnical software in Georgia is GEO5 slope stability, which allows us to calculate slope stabilities very quickly and effectively with various methods and standards.

Key words: geotechnical software GEO5; landslide; slope stability.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-185-191>

Отчет об устойчивости к оползням на улице Р. Гогиашвили в Тбилиси с использованием программы GEO5

Нико Попорадзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: nick.poporadze@gmail.com

Рецензенты:

О. Сескурия, ассистент-профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: olikoseskuria@gmail.com

Д. Блушвили, ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: datoblu@yahoo.com

Аннотация. Расчет устойчивости склона занимает довольно много времени, что требует сначала выбора правильного метода, а затем расчета коэффициента устойчивости по различным формулам. Также следует отметить, что визуализация результатов анализа требует много времени, что, в свою очередь, является непрактичным. Для решения этой проблемы было создано множество геотехнических компьютерных программ, которые можно использовать для составления отчетов об устойчивости откосов за доли секунды.

Самым распространенным геотехническим программным обеспечением в Грузии является GEO5, позволяющее очень быстро и эффективно рассчитывать устойчивость откосов с помощью различных методов и стандартов.

Ключевые слова: геотехническое программное обеспечение GEO5; оползень; устойчивость склона.

განხილვის თარიღი 04.12.2020

შემოსვლის თარიღი 17.12.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-192-201>

ქ. თბილისის შემოვლითი რკინიგზის ტრასის გასწვრივ განვითარებული საშიში გეოლოგიური პროცესების მიმოხილვა

ნიკო ფოფორაძე გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: nick.poporadze@gmail.com

რეცენზენტები:

ხ. ავალიანი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: kh.avaliani@gtu.ge

ზ. კაკულია, ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

ანოტაცია. ქალაქთმშენებლობის პრობლემები და მათი კავშირი გეოლოგიასთან, კერძოდ კი, საინჟინრო გეოლოგიასთან, ძალიან აქტუალური გახდა. ქალაქთმშენებლობის მიზნით ტერიტორიების ათვისებაში გეოლოგიის როლი დიდია, რადგან ნებისმიერი სახის მშენებლობა მოითხოვს ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორების შესწავლასა და გათვალისწინებას, როგორცაა ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობები, საძირკვლის გრუნტების ფიზიკური და მექანიკური თვისებები, გეოდინამიკური პროცესები, გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკა და სხვ., ანუ ისეთი საკითხების გარკვევას, რომლებიც უშუალოდ საინჟინრო გეოლოგიას მიეკუთვნება.

ქალაქ თბილისის ფარგლებში, ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და მასშტაბური სამშენებლო

ობიექტი თბილისის შემოვლითი რკინიგზაა, რომლის მშენებლობა რთულ საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების მქონე ტერიტორიაზე მიმდინარეობდა.

საკვლევი ტერიტორიის გარკვეული მონაკვეთების საკმაოდ რთულ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებზე მიუთითებს სარკინიგზო ტრასაზე განვითარებული სხვადასხვა პროცესი, როგორცაა მეწყრები, სუფოზია, ეროზია და სხვა. სტატიაში აღწერილია ზემოთ აღნიშნული საშიში გეოლოგიური პროცესები და გამოყოფილია ტრასის ის უბნები, რომლებზეც მშენებლობა და მომავალი ექსპლუატაცია განსაკუთრებულ დამცავ ღონისძიებათა გატარებას მოითხოვს.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია; მეწყრული პროცესები; სუფოზია; შემოვლითი რკინიგზა.

შესავალი

თბილისის შემოვლითი რკინიგზის პროექტი 2010 წელს დაიწყო, რომელიც ითვალისწინებდა ახალი ორლიანდაგიანი, 27 კმ სიგრძის ელექტრიფიცირებული სარკინიგზო ხაზის მშენებლობას. ახალი სარკინიგზო ხაზი უნდა შეერთებულიყო ახალთან ზაპესის ტერიტორიაზე, გაივლიდა ავჭალისა და გლდანის ტერიტორიებს, შემოუვლიდა თბილისის ზღვის ჩრდილოეთის მხრიდან მდებარე მაღლობს და შეუერთდებოდა კახეთის არსებულ სარკინიგზო ხაზს სადგურ ლილოსთან. შემოვლითი რკინიგზის პროექტით ასევე გათვალისწინებული იყო 12 ხიდის (საერთო სიგრძე 980 მ), 5 გვირაბისა (საერთო სიგრძე 3520 მ) და სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობის მშენებლობა. პროექტით ასევე გათვალისწინებული იყო კახეთის არსებული რკინიგზის ხაზის, 10 კმ-იანი მონაკვეთის, გადაკეთება ორლიანდაგიან სარკინიგზო ხაზად, არსებული ხაზის რეაბილიტაციისა და ახალი დამატებითი გზის მოწყობით. სტატიაში განხილულია აღნიშნული ტრასის გასწვრივ განვითარებული როგორც არსებული, ასევე მომავალში მოსალოდნელი საშიში გეოლოგიური პროცესების მიმოხილვა და პროგნოზირება.

ძირითადი ნაწილი

საკვლევ ტერიტორიაზე საშიში გეოლოგიური პროცესების გამოვლინება მხოლოდ ლოკალურ უბნებზე ფიქსირდება და მათი საშიშროების რისკი მაღა-

ლი არ არის, თუმცა უგულვებელყოფა ყოველად დაუშვებელია და აუცილებელია თითოეული მათგანისათვის გატარდეს კონკრეტული ღონისძიებები.

რკინიგზის ხაზის გასწვრივ საშიში გეოლოგიური პროცესებიდან მეტ-ნაკლები სირთულით ხასიათდება დახრამვითი ტიპის ეროზია, მეწყრული პროცესები, სუფოზიური ჯდენები და დაჭაობება. აღნიშნული საშიში გეოლოგიური პროცესების გამოვლინება ძირითადად ტრასის ცენტრალურ ნაწილშია მოქცეული.

რკინიგზის ახალი ხაზის საწყისი წერტილიდან, დაბა ზაპესიდან მდ. გლდანულას გადაკვეთამდე საშიში გეოლოგიური პროცესების განვითარების ალბათობა პრაქტიკულად არ არსებობს, თუმცა, აღსანიშნავია, რომ რკინიგზის მშენებლობისას დაიმეწყრა პირველი გვირაბის გამოსასვლელი პორტალი, გლდანის ხევის მარჯვენა ფერდი, რამაც დააზიანა მის თავზე გამავალი საავტომობილო გზა (26 მაისის ქუჩა) (სურ. 1).

გლდანის ტერიტორიაზე, ე.წ. „დიდი ტბის“ მიმდებარედ მეორე გვირაბის გამოსასვლელიდან ტრასის დაახლოებით 100 მეტრი სიგრძის მონაკვეთი გრუნტების გადატენიანების გამო დაჭაობებულია, ასევე ამოვსებულია ტრასის გასწვრივ არსებული სადრენაჟო არხებიც (სურ 2), რის გამოც მათი ფუნქცია დაკარგულია. მოცემულ ტერიტორიაზე ასევე გასათვალისწინებელია სუფოზიური პროცესების განვითარების ალბათობაც, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ტრასის დეფორმაცია.



სურ. 1



სურ. 2

მდ. ხევძმარას კალაპოტი ახალი შემოვლითი რკინიგზის ტრასის გასწვრივ ერთ-ერთი ყველაზე რთული უბანია. მდინარის ხეობაში მიმდინარეობს ინტენსიური სიღრმითი და გვერდითი ეროზიული პროცესები, პერიოდულად ღვარცოფული ნაკადების გავლით. მდინარის ხეობის ბორცზე ფიქსირ-

დება როგორც აქტიურ დინამიკაში მყოფი, ასევე სტაბილიზებული მეწყრული სხეულები. აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით მოცემულ უბანზე საჭიროა ყურადღების განსაკუთრებით გამახვილება და მისი დეტალური კვლევა (სურ. 3).



სურ. 3

მდ. ხევძმარადან დაახლოებით ერთი კილომეტრის დაშორებით, მარჯვენა ფერდოზე, განვითარებულია ჩრდილო-აღმოსავლური ექსპოზიციის პირველი მეწყერი (სურ.4). მეწყრული სხეულის ფართობი 2018 წლისათვის იყო 3800 მ², ხოლო დღეისათვის მისი ფართობი გაზრდილია 20 500 მ²-მდე (სურ. 5). იგი განვითარებულია დელუვიონში, რომელშიც ფიქსირდება ძირითადი ქანების ვიწრო გამიშვლებები. მეწყერი აქტიურ დინამიკაშია, რო-

მელმაც დააზიანა მაღალი ძაბვის ელექტოგადამცემი ანძა. მეწყრული სხეულის მოცულობის ასეთი მკვეთრი გაზრდა მიუთითებს მაღალი საშიშროების რისკზე, აქედან გამომდინარე, გადავწყვიტეთ აღნიშნული მეწყრული სხეულის ფერდობის მდგრადობის დაანგარიშება GEO5 პროგრამის გამოყენებით, რომლის შედეგებიც მოცემულია სტატიის ბოლოს დანართების სახით.



სურ. 4



სურ. 5

აღწერილი წერტილიდან დაახლოებით 250 მეტრის დაშორებით, ასევე მარჯვენა ფერდოზე, ფიქსირდება მეორე მეწყერი, რომელიც განვითარდა დატერასებული ფერდოს მესამე ტერასაზე. მეწყერმა დააზიანა ტრასის გასწვრივ არსებული ნაკადის გამტარი.

მესამე მეწყერი ფიქსირდება მარცხენა ფერდოზე, რომელიც განვითარებულია დელუვიურ ჯიბეში. მისი ფართობი შეადგენს 2500 მ²-ს. ამ წერტილიდან ტრასის ბოლომდე რაიმე სახის სერიოზული საშიში გეოლოგიური პროცესები არ ფიქსირდება და მომავალშიც მათი გამოვლენის ალბათობა პრაქტიკულად არ არსებობს.

დასკვნა

თბილისის შემოვლითი რკინიგზის მშენებლობა რთულ საინჟინრო-გეოლოგიურ გარემოში ხორციელდება, რაც გარკვეულ რისკებთან იქნება დაკავშირებული. ტრასის ტერიტორიაზე საშიში გეოლოგიური პროცესების გამოვლინება მხოლოდ ლოკალურ უბნებზე ფიქსირდება, საიდანაც მეტ-ნაკლები სირთულით ხასიათდება დახრამვითი ტიპის ეროზია, მეწყერი პროცესები, სუფოზიური ჯდენები და დაჭაობება. აღნიშნული სახიფათო გეოლოგიური პროცესების გამოვლინება ძირითადად ტრასის ცენტრალურ ნაწილშია მოქცეული. აღნიშნული რისკების მინიმუმაციის მიზნით საჭირო გახდება სპეციალური, სათანადოდ დასაბუთებული ღონისძიებების შემუშავება და პრაქტიკული განხორციელება.

დანართები

ფერდობის მდგრადობის ანალიზი

Slope stability analysis

Input data

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	SF _s =	1.50 [-]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	660.00	50.00	657.00	75.00	653.00
		100.00	650.00	125.00	644.00	150.00	641.00
		169.00	634.00	184.53	629.43	186.00	629.00
		200.00	627.00				
2		0.00	654.05	19.31	651.81	34.96	650.21
		50.21	648.65	60.30	647.06	75.10	645.01
		90.48	643.82	99.83	642.01	113.69	639.54
		126.34	638.11	143.48	637.13	154.83	636.15
		167.07	633.30	182.72	629.70	184.53	629.43

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters			
Center :	x = 171.57 [m]	Angles :	α ₁ = -19.15 [°]
	z = 1002.03 [m]		α ₂ = -1.53 [°]
Radius :	R = 365.52 [m]		

Slip surface after grid search.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 1324.59 kN/m
 Sum of passive forces : F_p = 1626.56 kN/m
 Sliding moment : M_a = 484164.94 kNm/m
 Resisting moment : M_p = 594541.07 kNm/m
 Factor of safety = 1.23 < 1.50

Slope stability NOT ACCEPTABLE

Slip surface grid search (Bishop)

No.	Center		Radius R [m]	FS	Verification
	x [m]	z [m]			
1	171.57	1000.03	365.52	1.44	NOT ACCEPTABLE
2	171.57	1000.03	366.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
3	171.57	1000.03	367.52	1.47	NOT ACCEPTABLE
4	171.57	1000.03	368.52	1.49	NOT ACCEPTABLE

1

[GEO5 - Slope Stability (demoversion) | version 5.2021.3.0 | Copyright © 2020 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

ფერდობის მდგრადობის ანალიზი

No.	Center		Radius R [m]	FS	Verification
	x [m]	z [m]			
5	171.57	1000.03	369.52	1.50	ACCEPTABLE
6	171.57	1001.03	365.52	1.30	NOT ACCEPTABLE
7	171.57	1001.03	366.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
8	171.57	1001.03	367.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
9	171.57	1001.03	368.52	1.48	NOT ACCEPTABLE
10	171.57	1001.03	369.52	1.49	NOT ACCEPTABLE
11	171.57	1002.03	365.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
12	171.57	1002.03	366.52	1.30	NOT ACCEPTABLE
13	171.57	1002.03	367.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
14	171.57	1002.03	368.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
15	171.57	1002.03	369.52	1.48	NOT ACCEPTABLE
16	171.57	1003.03	365.52	1.24	NOT ACCEPTABLE
17	171.57	1003.03	366.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
18	171.57	1003.03	367.52	1.30	NOT ACCEPTABLE
19	171.57	1003.03	368.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
20	171.57	1003.03	369.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
21	171.57	1004.03	365.52	1.24	NOT ACCEPTABLE
22	171.57	1004.03	366.52	1.24	NOT ACCEPTABLE
23	171.57	1004.03	367.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
24	171.57	1004.03	368.52	1.30	NOT ACCEPTABLE
25	171.57	1004.03	369.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
26	170.57	1000.03	365.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
27	170.57	1000.03	366.52	1.47	NOT ACCEPTABLE
28	170.57	1000.03	367.52	1.48	NOT ACCEPTABLE
29	170.57	1000.03	368.52	1.50	NOT ACCEPTABLE
30	170.57	1000.03	369.52	1.51	ACCEPTABLE
31	170.57	1001.03	365.52	1.30	NOT ACCEPTABLE
32	170.57	1001.03	366.52	1.45	NOT ACCEPTABLE
33	170.57	1001.03	367.52	1.47	NOT ACCEPTABLE
34	170.57	1001.03	368.52	1.49	NOT ACCEPTABLE
35	170.57	1001.03	369.52	1.50	ACCEPTABLE
36	170.57	1002.03	365.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
37	170.57	1002.03	366.52	1.31	NOT ACCEPTABLE
38	170.57	1002.03	367.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
39	170.57	1002.03	368.52	1.47	NOT ACCEPTABLE
40	170.57	1002.03	369.52	1.49	NOT ACCEPTABLE
41	170.57	1003.03	365.52	1.24	NOT ACCEPTABLE
42	170.57	1003.03	366.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
43	170.57	1003.03	367.52	1.31	NOT ACCEPTABLE
44	170.57	1003.03	368.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
45	170.57	1003.03	369.52	1.47	NOT ACCEPTABLE
46	170.57	1004.03	365.52	1.25	NOT ACCEPTABLE
47	170.57	1004.03	366.52	1.24	NOT ACCEPTABLE
48	170.57	1004.03	367.52	1.23	NOT ACCEPTABLE
49	170.57	1004.03	368.52	1.31	NOT ACCEPTABLE
50	170.57	1004.03	369.52	1.46	NOT ACCEPTABLE
51	169.57	1000.03	365.52	1.46	NOT ACCEPTABLE

2

[GE05 - Slope Stability (demoverion) | version 5.2021.3.0 | Copyright © 2020 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

ლიტერატურა

1. N. Poporadze, “Studying and analyzing hydrogeological and engineering-geological properties of Tbilisi bypass railway”, Tbilisi, 2018. (In English);
 2. E. Tsereteli, G. Gafrindashvili, M. Gafrindashvili, T. Toguzashvili, O. Qurtsikidze, “Engineering-Geodynamic and Geological hazards assessment of Tbilisi, National Environmental Agency, Tbilisi, 2019. (In English);
 3. G. Japaridze. Engineering geology of Tbilisi. Tbilisi: “Sabchota Sakartvelo”. 1984. (In Russian).
-

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-192-201>

Overview of Hazardous Geological Processes on the Tbilisi Bypass Railway

Niko Poporadze

Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi,
75 M. Kostava str.

E-mail: nick.poporadze@gmail.com

Reviewers:

Kh. Avaliani, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: kh.avaliani@gtu.ge

D. Bluashvili, Head of the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

Abstract. The slope stability calculation is quite time-consuming, which requires first selecting the correct method and then calculating the coefficient of stability using different formulas. It should also be noted that visualization of the analysis results requires a great deal of time, which is quite impractical. To solve this problem, many geotechnical computer programs have been created, which can be used to report slope stability reports in a split of a second.

The most common geotechnical software in Georgia is GEO5 slope stability, which allows us to calculate slope stabilities very quickly and effectively with various methods and standards.

Key words: geotechnical software GEO5; landslide; slope stability.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-192-201>

Обзор опасных геологических процессов на Тбилисской объездной железной дороге

Нико Попорадзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: nick.poporadze@gmail.com

Рецензенты:

О. Сескурия, ассистент-профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: olikoseskuria@gmail.com

Д. Блушвили, ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: datoblu@yahoo.com

Аннотация. Расчет устойчивости склона занимает довольно много времени, что требует сначала выбора правильного метода, а затем расчета коэффициента устойчивости по различным формулам. Также следует отметить, что визуализация результатов анализа требует много времени, что, в свою очередь, является непрактичным. Для решения этой проблемы было создано множество геотехнических компьютерных программ, которые можно использовать для составления отчетов об устойчивости откосов за доли секунды.

Самым распространенным геотехническим программным обеспечением в Грузии является GEO5, позволяющее очень быстро и эффективно рассчитывать устойчивость откосов с помощью различных методов и стандартов.

Ключевые слова: геотехническое программное обеспечение GEO5; оползень; устойчивость склона.

განხილვის თარიღი 04.12.2020

შემოსვლის თარიღი 17.12.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-202-219>

წყნეთი-სამადლო საავტომობილო გზის მიმდებარე ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესახებ

- მარინე მარდაშოვა** გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: m_mardashova@gtu.ge
- თინათინ ძაძამია** ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0126, თბილისი, სოფ. დილომი, მოციქულთა სწორი წმ. ნინოს 1
E-mail: tina.dzadzamia@gmail.com
- ნიკა მომცელიძე** გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: momtselidze.n@gmail.com

რეცენზენტები:

ხ. ავალიანი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: kh.avaliani@gtu.ge

ზ. კაკულია, ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

ანოტაცია. წყნეთი-სამადლო საავტომობილო გზის მონაკვეთზე ჰიდროგეოლოგიური კვლევის საჭიროების აუცილებლობა გამოიწვია 2015 წლის ივნისში მდ. ვერეს ხეობაში მომხდარი ცნობილი სტიქიური მოვლენების ტრაგიკულმა შედეგებმა, რომელსაც დამანგრეველი პროცესები და მსხვერპლი მოჰყვა.

წყნეთი-სამადლოს გზის მიმდებარე ტერიტორიის ამჟამად არსებული ჰიდროგეოლოგიური მდგომარეობის კვლევის მიზანი არის მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებების დასახვა, რომლის საშუალებითაც უნდა შეიქმნას ტრასის ექსპლუატაციის ნორმალური პირობები.

საკვლევი ტერიტორია მდებარეობს თრიალეთის

ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთ განშტოების ჩრდილოეთ ფერდზე, რომლის კალთებიდან სათავეს იღებს მრავალრიცხოვანი ღრმა ხეხვები, რომელიც მდინარე ვერეს ხეობაში ჩაედინება. ეს უკანასკნელი კი შესასწავლი ადგილმდებარეობის ეროზიის მთავარი ბაზისია.

ჰიდროგეოლოგიური კვლევების ჩასატარებლად აღებულ იქნა წყლის ორი ნიმუში – მეწყერულ ფედობზე გამოვლენილი წყალი, რომელიც ფერდობის გაშიშვლებულ ზედაპირს მიუყვებოდა და გრუნტის წყლის უმნიშვნელო გამონაჟონი ფერდობის ძირში. დასინჯული წყაროების ქიმიური ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ქიმიური შედგენილობით ორივე სინჯი იდენტურია, საერთო მინერალიზაციით

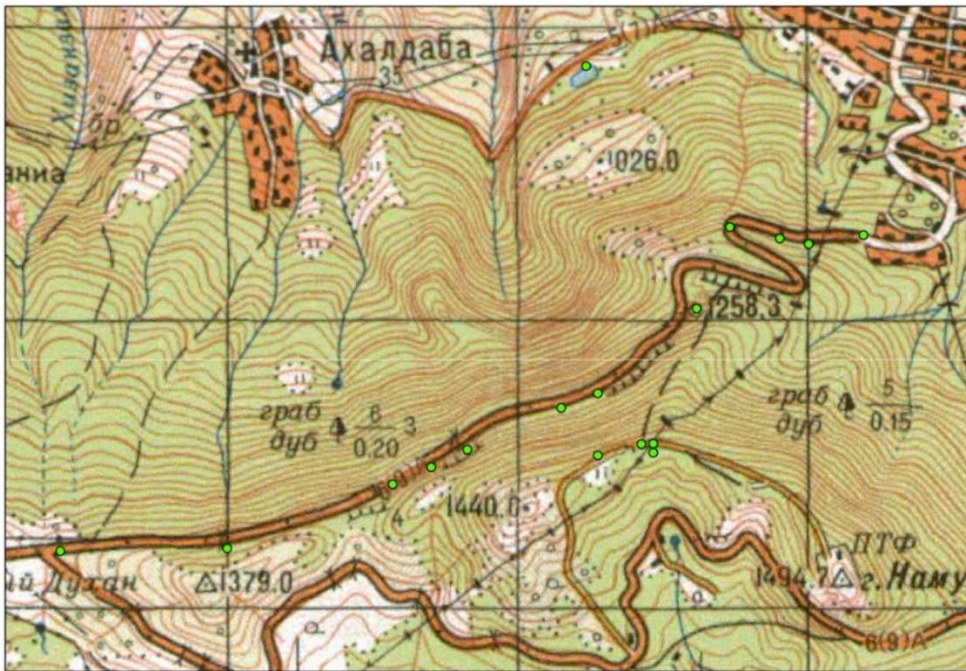
($M = 1.9$ გ/ლ) მიეკუთვნება მომლაშო წყლების კატეგორიას და კლასიფიცირდება როგორც სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-ნატრიუმიანი.

გარდა წყლის სინჯებისა, გრუნტის დამლაშების ხარისხის დასადგენად, გზის გასწვრივ აღებულ იქნა გრუნტის ერთი ნიმუში. საერთო მინერალიზაციის სიდიდე გრუნტის ნიმუშის გამონაწერში ოდნავ მომატებულია ($M = 0.3$ გ/ლ), ხოლო ქიმიური შედგენილობით ჰიდროკარბონატულ-სულფატური ნატრიუმიან-კალციუმიანია. რაც შეეხება საკვლევ მონაკვეთზე მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებებს, ფერდობების მდგრადობის ერთ-ერთი წინაპირობაა ზედაპირული ჩამონადენების რეგულირება წყალსაგდები და წყალსაშვები არხების საშუალებით, ასევე აუცილებელია მაქსიმალურად იქნეს შენარჩუნებული მცენარეული საფარი დელუვიურ ფერდობებზე და სათანადო გაანგარიშების საფუძველზე, რაც შეიძლება ზუსტად განისაზღვროს და შეირჩეს ფერდოს სიმაღლე და დახრის კუთხე.

საკვანძო სიტყვები: გეოდინამიკური პროცესები; მდ. ვერე; მეწყერული ფერდობები; ჰიდროგეოლოგიური პირობები.

შესავალი

გრავეიტაციულ, საინჟინრო გეოდინამიკურ პროცესებს, რომლებიც მდ. ვერეს და მისი მრავალრიცხოვანი შენაკადების ხეობებში უხვი და ხანგრძლივი ატმოსფერული ნალექების გამოყოფის მიზეზით განვითარდა, მეწყერს ვერ ვუწოდებთ, რადგან ეს პროცესი მეწყერის არც ერთ საკლასიფიკაციო სქემას არ შეესაბამება. არც ჩამოზვავებული მასაა დელუვიონი, რადგან ციკაბო ფერდობის მთლიან სიმაღლეზე ამგვარი მძლავრი დელუვიონი საფარი არ წარმოიქმნება. აღნიშნული მოვლენა ნაკადის ზემოქმედებით ფერდობის ჩამოწოლა, ჩამოშლას.



ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული რუკა

ტერიტორია და მისი შემოგარენი რთული მორფოლოგიით ხასიათდება. იგი მდებარეობს თრიალეთის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთი განშტოების ჩრდილოეთ ფერდზე, სადაც ზედა ეოცენის ტერიგენულ-ვულკანოგენური ფორმაციის ქანების სუბსტრატზე ღრმად დანაწევრებული მთაგორიანი რელიეფი არის განვითარებული. რელიეფი წარმოდგენილია ნაშალი ფერდობებით, რომელზეც ნათლად ჩანს ცალკეული ნაკადების მოძრაობის კვალი პარალელური ღარების სახით. ფერდობები ერთგვაროვანი, კარგად დახარისხებული, თიხათიხნარის მძლავრი წყებით არის აგებული, რომ-

ლის დაგროვება მხოლოდ ნალექდაგროვების მშვიდი რეჟიმის პირობებში უნდა მომხდარიყო. ეს კიდეც ერთი დამადასტურებელი ნიშანია იმისა, რომ გეოლოგიურ წარსულში ამგვარ ადგილებში წყლით დაფარული, ღრმა, ე.წ. „ჩაკეტილი დეპრესიები“ არსებობდა, რაზეც თავის დროზე აკად. ალექსანდე ჯანელიძე მიუთითებდა. ამგვარი ფერდობები ადვილად იშლება და ძალზე სახიფათოა, რადგან ინტენსიური წვიმის ზეგავლენით დიდი სიმკვრივის წყალ-ტალახის უზარმაზარ, მოძრავ მასად გადაიქცევა და მოძრაობის გზაზე ყველაფერს წალეკავს.



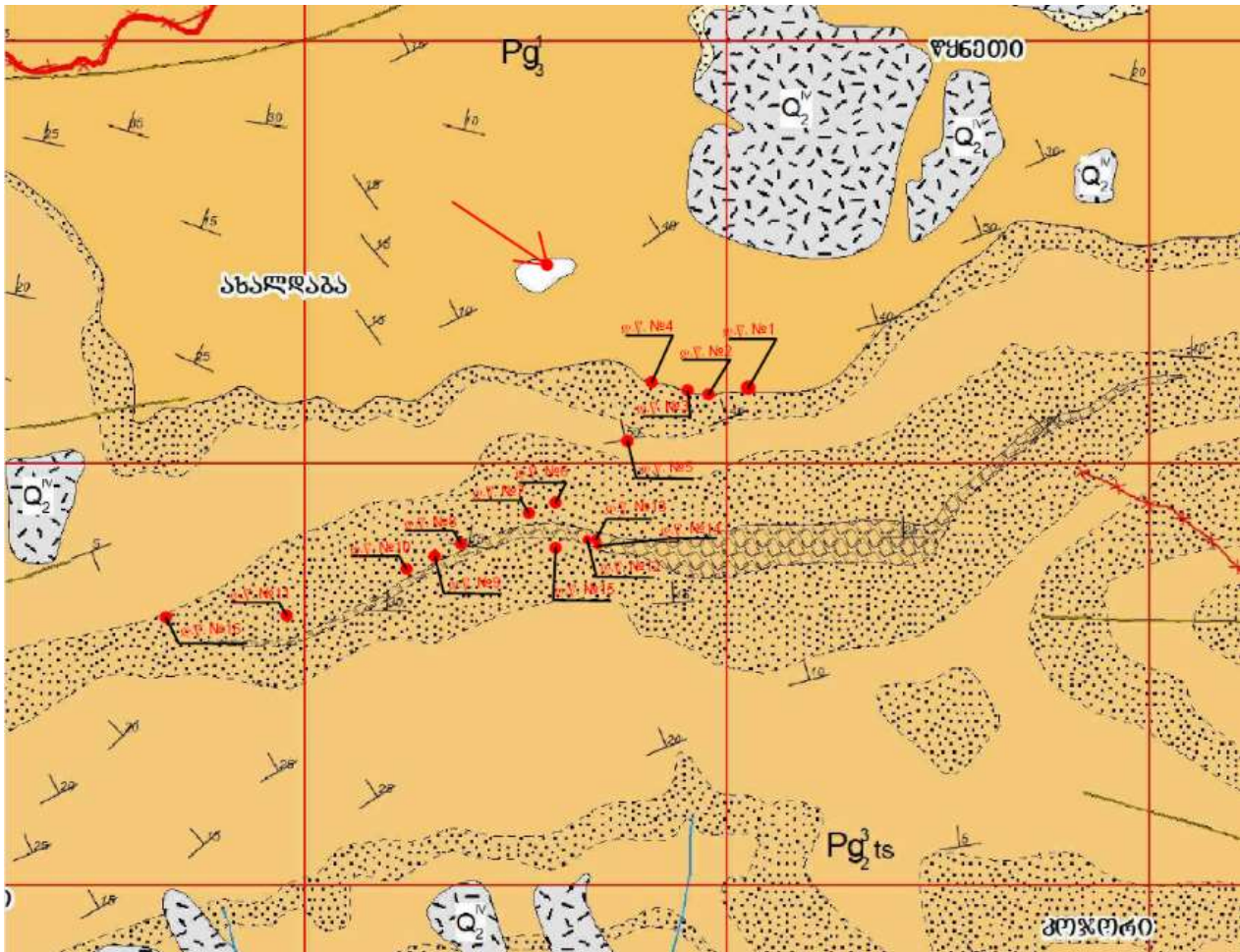
მდ. ვერეს ხეობა



წმინდამარცვლოვანი თიხათიხნარით აგებული ნაშალი ფერდობები

ტერიტორიის გეოლოგიური სუბსტრატი ზედა ეოცენის ასაკის ($P_2^3 ts$), ე.წ. „თბილისის ნუმულიტებიანი წყებით“ არის წარმოდგენილი. ლითოლოგიურად წყება ქვიშაქვა-ალევირული-თიხური ქანებით არის აგებული, რომლებშიც ქვიშაქვის შრეები ჭარბობს. ქვედა ნაწილი წარმოდგენილია ფიქლისებრი თიხების წყებით, მომწვანო ფერის ტუფოგენური ქვიშაქვების, მერგელების და წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების ხშირი შუაშრეებით, ხოლო ზედა ნაწილი – სხვადასხვაგვარი ქვიშაქვების და თიხების მონაცვლეობით, მერგელების იშვიათი შუაშრეებით. წყების საერთო სიმძლავრე ქალაქის ტე-

რიტორიაზე და მის შემოგარენში 1000 -1250 მეტრს შეადგენს. ზედა ეოცენი კარგად არის გამოშვლებული მდ. ვერეს ხეობაში და თბილის-მანგლისის საავტომობილო გზის გასწვრივ. საკვლევი რაიონის ფარგლებს გარეთ ზედა ეოცენი გადაფარულია ქვედა ოლიგოცენის (P_3^1) კარბონატული თიხებით, თხელშრეებრივი ქვიშაქვების შუაშრეებით. ზედა ეოცენის წყების სიმძლავრე 1000 მ-ს აღემატება. დადმავალ ჭრილში მას შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი ქანები მოსდევს, რომლებიც ლითოლოგიურად ტუფქვიშაქვებით, ტუფებით, არგილიტებითა და მერგელებით არის აგებული.



საკვლევი ტერიტორიის სქემატური გეოლოგიური რუკა

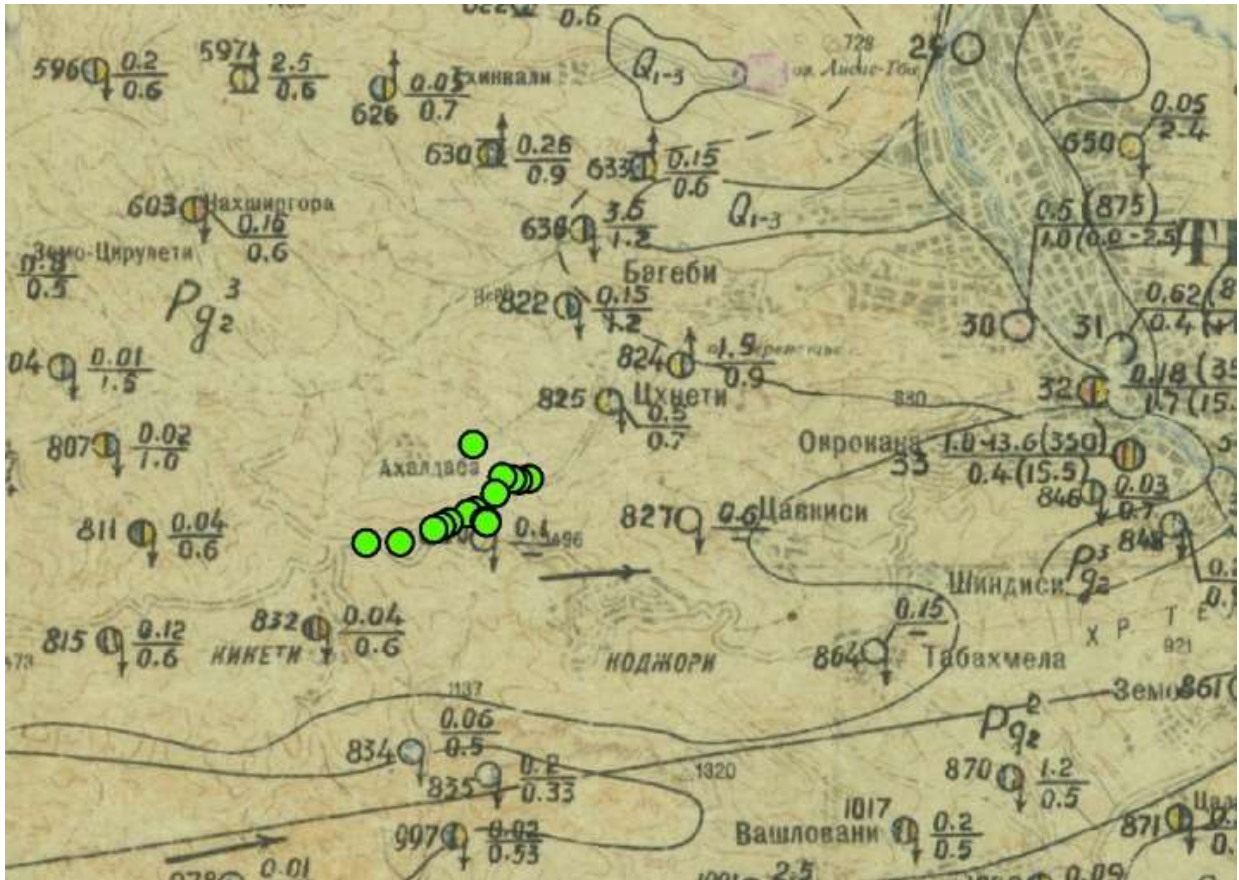


ზედა ეოცენის ქანების გაშიშვლებები
წყნეთი-სამადლოს გზის გასწვრივ

ძირითადი ნაწილი

ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის შესაბამისად (ი. ბუაჩიძე, 1970) საკვლევი ობიექტის რაიონი აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი

სისტემების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის ფარგლებში თავსდება და ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების თბილისის წყალწნევიანი სისტემის ნაწილს წარმოადგენს (IV₃).



საკვლევი ტერიტორიის სქემატური ჰიდროგეოლოგიური რუკა

ჰიდროგეოლოგიური კვლევებით (მათ შორის, ბურღვის მონაცემებით) დადგენილია, რომ ზედა ეოცენის და კერძოდ თბილისის 1000 მეტრზე მეტი სიმძლავრის ნუმულიტებიანი წყების ქანებში მიწისქვეშა წყლები ქვიშაქვების შუაშრებთან არის დაკავშირებული მაშინ, როდესაც არგილიტები პრაქტიკულად წყალგაუმტარია. მნიშვნელოვანია, რომ სიღრმეში ქანების წყალშემცველობა კლებულობს, ხოლო კვება მეოთხეული საფარის გრუნტის წყლე-

ბის ხარჯზე ხდება. ქანების ინტენსიური ნაპრა-ლიანობა მიწისქვეშა წყლების ცირკულაციისთვის ხელსაყრელ პირობებს ქმნის, მაგრამ საკუთრივ მიწისქვეშა წყლების მცირე რესურსის გამო, წყება განიხილება როგორც სპორადულად წყალშემცველი. მხოლოდ ერთ ადგილას დავაფიქსირეთ გრუნტის წყლის უმნიშვნელო გამონაჟონი ფერდობის ძირში, საიდანაც ავიღეთ წყლის სინჯი N2.



გრუნტის წყლის გამონაჟონი ფერდობის ძირში

ქანების დანაპრალიანების ხარისხი საკმაოდ მაღალია, რამდენადაც იგი ლითოგენეტიური, ტექტონიკური და ეგზოგენური ნაპრალიანობის შედეგია. ნაოჭების გადაღუნვის ადგილებსა და ტექტონიკური რღვევების ზონებში ნაპრალიანობა დიდ სიღრმეს აღწევს, რაც განაპირობებს განსახილველ გეოლოგიურ ფორმაციაში ნაპრალო-ფენობრივი წყალშემცველი ჰორიზონტების, აგრეთვე

ნაპრალო წყალშემცველი ზონების არსებობას, საკმაოდ ხშირი წყალგამოვლინებებით. სწორედ ამ მიზეზით უნდა აიხნას მეწყერულ ფერდობზე, სადაც ფერდობის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ფერდობის დატერასება მიმდინარეობს, წყლის გამოვლინება, რომელიც ფერდობის გაშიშვლებულ ზედაპირს მიუყვება (სინჯი N1).



ნაპრალო წყალგამოვლინება დატერასებული ფერდობის ზედაპირზე

ზედა ეოცენის ნალექებში მოქცეულ წყალს სხვადასხვა მინერალიზაცია ახასიათებს ($M = 0.8 \div 8.8$ გ/ლ), რაც ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურების ტექტონიკური გახსნილობით და ქანებში წყალში ხსნადი მარილების არსებობით უნდა აიხსნას. ქიმიურ შედგენილობაში ანიონებიდან წამყვანი სულფატის იონია, კათიონებიდან – ნატრიუმი, კალციუმი და მაგნიუმი. იმ შემთხვევაში, როდესაც SO_4 -თან ერთად წამყვანი ანიონი ჰიდროკარბონატი (HCO_3), წყალი შედარებით დაბალი მინერალიზაციით ხასიათდება. ზედა ეოცენის ქანების

ნაპრალური წყლების კვების არე ამალელებით არის შემოფარგლული (მათზე განლაგებული ეროზიული პლატოებით). შემადლებებსა და შიშველ ფერდობებზე მოსული ატმოსფერული ნალექი ინფილტრაციის და ნაპრალთა სისტემაში საკმაოდ ხანგრძლივი ცირკულაციის შემდეგ განიტვირთება ფერდობების ძირში და მეოთხეული ნალექების გაწყლიანებას იწყებს. საველე მოკვლევის პროცესში დაფიქსირებული წყაროთა ზემოთ აღწერილი ბუნებრივი გამოსავლები სწორედ ზედა ეოცენის ფორმაციასთან არის დაკავშირებული.



სამონიტორინგო ჭაბურღილები

მოკვლევის პროცესში დასინჯული წყაროების ქიმიური ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ქიმიური შედგენილობით ორივე სინჯი იდენტურია და საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებლით ($M > 1.0$ გ/ლ) მომლამო წყლების კატეგორიას განეკუთვნება. კურლოვის ფორმულის მიხედვით, ორივე სინჯი კლასიფიცირდება როგორც სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-ნატრიუმიანი. მეორე სინჯი უმნიშვნელო რაოდენობით შე-

იცავს კარბონატის იონს, რაც წყლის ცემენტთან ურთიერთქმედებით უნდა აიხსნას, სარეაბილიტაციო სამუშაოების მიმდინარეობის გამო. განსხვავება არ არის არსებითი, რადგან ორივე სინჯში თანაფარდობა სულფატის და ჰიდროკარბონატის იონებს შორის დაახლოებით ერთნაირია. წყალბადის იონის კონცენტრაციის მაჩვენებელი ($pH = 6.8 \div 6.3$) ნეიტრალურია, ოდნავ გადახრილი მჟავიანობისკენ. ორივე სინჯი უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს

აგრესიულ ნახშირორჟანგს (CO_2), რაც გასათვალისწინებელია სამშენებლო ცემენტის შერჩევისას. დამაბინძურებელი აზოტოვანი ნაერთებიდან ორივე სინჯში დაფიქსირებულია ამონიუმის (NH_4^+) შემცველობა 0.2 მგ/ლ რაოდენობით, რაც ბუნებრივია, იმის გათვალისწინებით, რომ მიმდინარეობს

ფერდობის სარეაბილიტაციო სამუშაოები. საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებლით (1,9 გ/ლ) წყალი სასმელად გამოუსადეგარია, რადგან სასმელი წყლის ნორმატივებით საერთო მინერალიზაციის სიდიდე ($M < 1.0$ გ/ლ) ნაკლები უნდა იყოს 1 გ/ლზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

წყლის სინჯის ქიმიური ანალიზი					
სინჯის აღების ადგილი		წყნეთი-სამადლოს საავტომობილო გზის მოაკვეთი			
წყალპუნქტის ტიპი		წყარო (სინჯი 1)		სინჯის აღების თარიღი	25.08.2018
იონები	აბსოლუტური შემცველობა, გ/ლ	მგ.ეკვ./ლ	მგ.ეკვ./ლ. %	სხვა მონაცემები	
1	2	3	4	5	
კათიონები				ფერი: გამჭვირვალე სუნი: უსუნო გემო: მომლაშო	
(Na+K) ⁺	0,176	7,633	28	წყალბადიონების კონცენტრაცია, PH:	6,8
Ca ²⁺	0,370	18,500	67	მშრალი ნაშთი:	1,83 გ/ლ;
Mg ²⁺	0,018	1,500	5	საერთო სიხისტე:	20 მგ.ეკვ./ლ;
ჯამი	0,564	27,63	100	კარბონატული სიხისტე:	1,5 მგ.ეკვ./ლ;
anionebi				მუდმივი სიხისტე:	18,5 მგ.ეკვ./ლ;
Cl ⁻	0,028	0,800	3	თავისუფალი CO ₂ :	44 მგ/ლ
SO ₄ ²⁻	1,144	23,833	86	აგრესიული CO ₂ :	0.3 მგ/ლ
HCO ₃ ⁻	0,183	3,000	11	ამონიუმი (NH ₄ ⁺):	0.2 მგ/ლ
ჯამი	1,355	27,63	100	ნიტრატი (NO ₃ ⁻):	არ აღმოჩნდა;
M გ/ლ	1,919	კურლოვის ფორმულა:		ნიტრიტი (NO ₂ ⁻):	არ არმოჩნდა;
				$M_{1,9} \frac{SO_4 86 HCO_3 11}{Ca 67 (Na + K) 28}$	
ანალიზის შემსრულებელი:		ნ. მომცელიძე		თარიღი:	29.08.2018

ქიმიური ანალიზის ფაქტობრივი შედეგებიდან გამომდინარე, წყლის აგრესიულობის ხარისხი ცვალებადია. აგრესიულობა შეფასებულია ბეტონის მარკების მიხედვით როგორც „ძლიერი“ ან „საშუალო“ პორტლანდცემენტის მიმართ, ხოლო წიდაპორტლანდცემენტის და სულფატმედეგ ცემენტზე დამზადებული ბეტონის მიმართ აგრესიულობა არ აღინიშნება. მეტალის კონსტრუქციებზე განსახილ-

ველი წყლის აგრესიულობა ფასდება, როგორც „სუსტი“, ისიც წყალში პერიოდულად დასველების შემთხვევაში, ხოლო ნახშირბადიან ფოლადზე წყალი ზემოქმედებს „საშუალო“ აგრესიულობით. ქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, რატომ უნდა, აგრესიულობა განპირობებულია სულფატური მინერალიზაციის არსებობით (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

წყლის აგრესიულობის ხარისხი ბეტონის მიმართ

რიგითი №	გამონაშუქვის №	ნიმუშის აღების სიღმე, მ	აგრესიულობის მაჩვენებლები	წყლის აგრესიულობის ხარისხი ნაგებობებისადმი							
				განლაგებულ ქანებში $K_f > 0.1\text{მ/დღ.ღ}$			განლაგებულ ქანებში $K_f < 0.1\text{მ/დღ.ღ}$				
				ბეტონის მარკა წყალშელწვევადობის მიხედვით							
				W4	W6	W8	W4	W6	W8		
1	სინჯი 1	0,00	ბიკარბონატული სიხისტე, მგ.კვ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			წყალბადიონის მაჩვენებელი	არა	არა	არა	სუსტი	არა	არა		
			აგრესიული ნახშირმჟავას შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			მაგნეზიური მარილების შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			ამონიუმის მარილების შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			მაღალი ტუტიანობის შემცველობა, მგ/ლ	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			სულფატები ბეტონებისათვის								
			პორტლანდცემენტი (ГОСТ10178-76)	ძლიერი	საშ.	საშ.	საშ.	საშ.	საშ.		
			წიდაპორტლანდცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		
			სულფატმედეგი ცემენტი	არა	არა	არა	არა	არა	არა		

გარდა წყლის სინჯების გზის გასწვრივ ავიღეთ გრუნტის ერთი ნიმუში, გრუნტის დამარილიანების ხარისხის დასადგენად.



გრუნტის ნიმუშის აღება

გრუნტის ნიმუშიდან დამზადდა გამონაწერი (გამონატუტი), რომლის მიხედვით ირკვევა, რომ გამონატუტის საერთო მინერალიზაცია ოდნავ მობატებულია ($M = 0.3$ გ/ლ), ხოლო ქიმიური შედგე-

ნილობით ჰიდროკარბონატულ-სულფატური ნატრიუმთან-კალციუმანია. ბეტონის მარკების მიხედვით აგრესიულობა ძირითადად შეფასებულია „საშუალოდ“ (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

№	გამონამუშევრის №	კლიმატური პირობები	ნიმუშის აღების სიღრმე, მ	ბეტონის მარკა წყალშემღწვევადობის მიხედვით	აგრესიულობის ხარისხი ბეტონებისათვის			
					სულფატები			ქლორიდები, პორტლანდცემენტისათვის, შლაკპორტლანდცემენტისათვის ГОСТ 10178-76 და სულფატმდგრადი ცემენტი ГОСТ 22266-76
					პორტლანდცემენტი ГОСТ 10178-76	პორტლანდცემენტი ГОСТ 10178-76 და შლაკპორტლანდცემენტი	სულფატმდგრადი ცემენტი ГОСТ 22266-76	
1	ნიმუში 1	ნორმალური და ტენიანი კლიმატის ზონა	0	W4	საშუალო	არა	არა	სუსტი
				W6	საშუალო	არა	არა	
				W8	სუსტი	არა	არა	

რაც შეეხება ფერდობების და გზის მდგრადობას, საკვლევ ტერიტორიის რთული რელიეფის პირობებში, რასაც თან ახლავს ქანების ინტენსიური ტექტონიკური და ლითოგენეტიკური ნაპრალიანობა, რე-

ლიეფის ძლიერ დანაწევრება, მაღალი ფერდობების არსებობა, გამოფიტვის პროცესების ინტენსიურობა და სხვა ბუნებრივი თუ ანთროპოგენური ფაქტორები, არსებობს შესაფერისი გარემო სხვადასხვა

ზომის მეწყერების ჩასახვისა და განვითარებისათვის, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული თითქმის მთელი საკვლევ ტრასის გაყოლებაზე. განსახილველ მონაკვეთზე ფერდობი აგებულია უკიდურ-

რესად არამდგრადი ქანებით, რომლებიც მიდრეკილია დამეწყვრისა და ჩამონგრევებისადმი, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც საინჟინრო სამუშაოების მიზეზით საჭიროა ფერდობების ჩამოჭრა.



ფერდობებიდან ქანების ჩამოშლა

განსახილველ მონაკვეთზე ფერდობები ხასიათდება ძალზე რთული რელიეფით, ხშირად გაკვეთილია ღრმა და ეროზიული ხეობებით, რომლებიც აგრეთვე ციცაბო ფერდობებით არის აგებული.

ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ დელუვიონით გადაფარული ფერდობები ინტენსიურად არის გაწყლო-

ვანებული, რასაც ხელს უწყობს წლიური ატმოსფერული ნალექების მაღალი (800-1000 მმ/წელიწადი ფარგლებში) ნორმა, გრუნტის მაღალი ფორიანობა, სუბსტრატის ქანების შრეობრიობა და ლითოლოგია, რელიეფის დანაწევრება და სხვა ბუნებრივი ფაქტორები. ფერდობების ძირში ხშირია წყაროების მცირე გამოსავლები, ზოგჯერ გაფანტული სახით.



მშრალი ხევი ნაპრალი ფერდობზე

ზედაპირული ჩამონადენი მნიშვნელოვანი რაოდენობით იყრის თავს აგრეთვე ეროზიულ ხევეებსა და ხეობებში, რის გამოც წყალდიდობის პერიოდში მკვეთრად აქტიურდება მდინარეული ეროზიის პროცესი ფერდობებზე მიწის მასების თანმხლები გადაადგილებით. აღსანიშნავია, რომ ხეებისა და ხეობების სათავეებში, შედარებით მაღალ აბსოლუტურ ნიშნულებზე, სადაც ხეობა გამომუშავებულია ზედა ეოცენის ქვიშაქვა-თიხოვანი ლითოლოგიის ქანებში, რელიეფი უფრო მშვიდი კონფიგურაციისაა, ფერდობების დახრილობით არაუმეტეს 30-45⁰-ისა. საწყის უბანზე საავტომობილო ტრასა სწორედ ამ ზოლს გასდევს, რაც ტრასის ექსპლუატა-

ციის პერიოდში მეწყრების გააქტიურების მიზეზი იყო წარსულში და არის დღესაც.

საკვლევი მონაკვეთის ფარგლებში თითქმის ყველა ფერდობი, რომელიც დაფარულია მეტ-ნაკლებად დელუვიური წარმონაქმნებით, ან მოძრავ მდგომარეობაშია, ან ქმნის ძველმეწყრული, დროებით სტაბილიზებული ფერდობის შთაბეჭდილებას. მეწყრის წარმომქმნელ მიზეზთა შორის წამყვანი როლი ეკუთვნის მეოთხეულის ლითოლოგიას და პირველადი, განამარხებული რელიეფის ფორმებს, რომელიც წარმოდგენილია, ძლიერ გამოფიტული ფიქლებრივი ქანებით.



გამოფიტული ქანები

თვით საფარი გრუნტი კი, მნიშვნელოვანი ფორიანობისა და ფხვიერი აგებულების გამო, გვევლინება ატმოსფერული ნალექების კოლექტორად, ძვრაზე წინაღობის ძალზე შესუსტებული მაჩვენებლებით. ამგვარ პირობებში მეწყრის განვითარებისათვის მცირედი ბიძგია საჭირო, როგორცაა, მაგალითად, წვიმა, თოვლდნობა, ფერდობების ხელოვნურად ჩამოჭრა და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ

საკვლევ მონაკვეთზე და განსაკუთრებით საწყის უბანზე ტრასის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პროცესში აღრიცხულია რამდენიმე მეწყრული უბანი. უმეტეს შემთხვევაში სრიალის ზედაპირი თავსდება დელუვიური თიხა-თიხნარებისა და ძირითადი ქანების კონტაქტზე, რომელიც ამავე დროს წარმოადგენს დელუვიონში განვითარებული გრუნტის წყლის ჰორიზონტის ეკრანს, რაც იდეალურ

პირობებს ქმნის ქანების დაცურებისთვის შესუსტებული მახასიათებლების სიბრტყის გასწვრივ. თითქმის ყველა მეწყერულ უბანზე სუბსტრატი წარმოდგენილია ზედა ეოცენის ფლიშოიდური ფიქლებრივი დაშრევებული ქანებით, უფრო მეტად აქ გავრცელებულია ჩამონგრევი, ზოგჯერ ჩამონგრევის ტიპის მეწყრები. განსახილველ ტერიტორიაზე მეწყერწარმოშობის ხელშემწყობ ფაქტორებს შორის აღსანიშნავია:

- ძირითადი ქანების დიდი დახრის (30° და მეტი) ზედაპირი, რომელიც წარმოადგენს ფუძეს ზემოთ განლაგებული სუსტად შეკავშირებული ფოროვანი საფარი გრუნტებისათვის;
- ზემოთ აღნიშნული წყალგაუმტარი ეკრანი საფარ გრუნტსა და ძირითად ქანებს შორის, როდესაც წყლით გაჯერებულ საკონტაქტო ზედაპირს პრაქტიკულად არ გააჩნია შიგა ხახუნი და შეჭიდულობა;

- საფარი გრუნტის მნიშვნელოვანი ფორიანობა (>40%), რაც განაპირობებს გრავიტაციული წყლით მათი გაჯერების და ფერდობის დამძიმების შესაძლებლობას;
- საფარი გრუნტების მკაფიოდ გამოხატული პლასტიკურობა, რაც ხელს უწყობს გრუნტის წყლის ჰორიზონტის ფორმირებას;
- წვიმისა და თოვლდნობის წყლების ზედაპირული ჩამონადენი;
- ფერდობების ხელოვნურად ჩამოჭრა.

დაბოლოს, რაც შეეხება საკვლევ მონაკვეთზე მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებებს, ატმოსფერული ნალექების ინტენსიურ გამოყოფასთან დაკავშირებით, ფერდობების მდგრადობის ერთ-ერთი წინაპირობაა ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირება წყალსაგდები და წყალსაშვები არხების საშუალებით, რაც უკვე ხორციელდება.



წყალსაშვები და წყალამრიდი არხები

გარდა ამისა, აუცილებელია დელუვიურ ფერდობებზე მცენარეული საფარის მაქსიმალურად შენარჩუნება და სათანადო გაანგარიშების საფუძ-

ველზე, რაც შეიძლება ზუსტად განისაზღვროს და შეირჩეს ფერდოს სიმაღლე და დახრის კუთხე.



ფერდობის სტაბილურობის შესანარჩუნებლად ფერდობის დატერასება

დასკვნა

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, პრაქტიკულად საქმე გვაქვს რამდენიმე მიზეზის ან ფაქტორის ერთობლივ ზემოქმედებასთან, რომელთა სრულად გათვალისწინება აუცილებელია ფერდობების მდგრადობის შესანარჩუნებლად. ასევე სავალდებულოა სამონიტორინგო ჭაბურღილების მონაცემთა ბაზის ანალიზი და შეფასება.

რაც შეეხება ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ნაპრაღური წყლების არაღრმა განლაგება (სტატიკური დონე 10 მეტრი) და მათი აგრესიული თვისებები ჩვეულებრივი მარკის ბეტონის მიმართ. მიწისქვეშა წყლები ხასიათდება მომატებული (1,9 გ/ლ) მინერალიზაციით და სულფატურ-ჰიდროკარბონატული, კალ-

ციუმთან-ნატრიუმთან ქიმიური შედგენილობით. ცხადია, ამ პირობებში გზის ვაკისის მშენებლობისას მინერალიზებული წყლების და დამარილანებული გრუნტების სულფატაგრესიული ზემოქმედება გარდაუვალია და ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორი საჭიროებს გათვალისწინებას, რათა თავიდან ავიცილოთ ქიმიური სუფოზია. თუკი ნაკადმა თავი იჩინა მხოლოდ ერთ, თუნდაც ორ კონკრეტულ ადგილას, არ ნიშნავს, რომ საქმე გვაქვს მაინცდამაინც ამ ადგილებისკენ მიმართულ შემოსაზღვრულ მიწისქვეშა ნაკადებთან, არამედ უფრო ზუსტად ნაპრაღური წყლებია, რომელიც ფილტრაციისთვის უფრო ხელსაყრელ ადგილებში გამოვლინდება, ხოლო წყალშემცველობის ხარისხი დამოკიდებულია ქანების ნაპრაღიანობაზე.

ლიტერატურა

1. Maruashvili L.I. Geomorphology of Georgia. "METSNIEREBA" Publishing . Tbilisi, 1971. (In English);
2. L. Kharratishvili, N. Ositashvil. D. Kacharava. Report of the Tbilisi Hydrogeological Survey Party on the work of 1958-1959. https://nam-geofund.archival-services.gov.ge/geofond/item_detailed/5918. (In English);

3. T. Loladze, G. Mamulia, G. Kapanadze. Report on prospecting hydrogeological works in the Tbilisi and Tyanets districts, for utility water supply in the Tyanets, Sagarejo and Gardaban districts (по работам 1969-1974 г.г.). https://nam-geofund.archival-services.gov.ge/geofond/item_detailed/6049. (In English);
4. Braja M. Das. Shallow Foundations. Bearing Capacity and Settlement. California State University, Sacramento. 1999. (In English);
5. Braja M. Das. Principles of Geotechnical Engineering. Adapted International Student Edition. California State University, Sacramento. 2007. (In English);
6. U. Zviadadze. Methodology of hydrogeological surveys. "Technical University" Publishing, Tbilisi. (In English);
7. U. Zviadadze, M. Mardashova. Groundwater dynamics. "Technical University" Publishing, Tbilisi, 2013. (In English);
8. V. Lomtadze. "Engineering Geology, Engineering Geodynamics". Tbilisi 2000 423 P. STU Library 556.3 (02) / 12. (In English);
9. G. Japaridze. "Engineering Geology of Tbilisi". Tbilisi, 1974. (In English).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-202-219>

Assessment of the Hydrogeological Conditions of the Territory Adjacent To the Tskneti-Samadlo Highway

Marine Mardashova	Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75 M. Kostava str. E-mail: m_mardashova@gtu.ge
Tinatín Dzadzamia	Institute of Hydrology and Engineering Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0126, Tbilisi, Village Dighomi, 1 Motsikulta Stsori Nino Street E-mail: tina.dzadzamia@gmail.com
Nika Momtselidze	Department of Applied Geology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75 M. Kostava str. E-mail: momtselidze.n@gmail.com

Reviewers:

Kh. Avaliani, Associate Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: kh.avaliani@gtu.ge

Z. Kakulia, Head of the Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, GTU

E-mail: z.kakulia@gtu.ge

Abstract. The aim of researching the current hydrogeological state of the territory adjacent to the Tskneti-Samadlo highway is to present such anti-landslide measures with the help of which normal operating conditions of the highway should be created.

The study area is located on the northern side of the southeastern fork of the Trialeti Range, from the slopes of which many deep erosional ravines originate, filled in the spring-summer period with water that flows into the gorge of the r. Vere. The river is the main basis of erosion of the study area.

To carry out hydrogeological studies, two water samples were taken - the water found on the landslide slope, which flowed along the surface of the bare slope, and a small amount of ground water from under the slope.

The data of the chemical analysis of waters showed that these two samples are identical in chemical composition. The results of the total mineralization correspond to $M = 1.9 \text{ g/l}$. Consequently, the water is not suitable for drinking, as it belongs to the category of slightly saline waters and is classified as sulphate-hydrocarbonate calcium-sodium.

In addition to water samples along the road, one soil sample was taken to determine the degree of soil contamination. In the extract of a soil sample, the indicator of total mineralization is slightly increased ($M = 0.3 \text{ g/l}$), according to its chemical composition, it is classified as hydrocarbonate-sulphate sodium-calcium.

With regard to the anti-landslide measures proposed for the investigated area, the main one is the regulation of surface water flows using a system of spillways and drainages, which requires an accurate calculation of the height and steepness of slopes, in addition, maximum preservation of vegetation cover on deluvial slopes is required.

Key words: geodynamic processes; hydrogeological conditions; landslide slopes; r. Vere.

UDC 551.49

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-202-219>

Оценка гидрогеологических условий территории, прилегающей к автомобильной дороге Цхнети-Самадло

Марине Мардашова Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: m_mardashova@gtu.ge

Тинатин Дзадзамия Институт гидрогеологии и инженерной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0126, Тбилиси, пос. Дигоми, улица Равноапостольной Святой Нино, 1
E-mail: tina.dzadzamia@gmail.com

Ника Момцелидзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: momtselidze.n@gmail.com

Рецензенты:

Х. Авалиани, ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ
E-mail: kh.avaliani@gtu.ge

З. Какулия, директор Института гидрогеологии и инженерной геологии
E-mail: z.kakulia@gtu.ge

Аннотация. Целью исследований существующего на сегодняшний день гидрогеологического состояния территории, прилегающей к автомобильной дороге Цхнети-Самадло, является представление таких противо-

оползневых мероприятий, с помощью которых должны быть созданы нормальные условия эксплуатации трассы.

Изучаемая территория находится на северной стороне юго-восточного разветвления Триалетского хребта, из склонов которого берут начало множество глубоких эрозионных оврагов, заполняемых в весенне-летний период водой, которая стекает в ущелье р. Вере. Эта река является основным базисом эрозии исследуемой местности.

Для проведения гидрогеологических исследований были взяты два образца воды – выявленная на оползневом склоне вода, которая текла по поверхности оголенного склона, и незначительное количество грунтовой воды из-под склона.

Данные химического анализа вод показали, что по химическому составу эти два образца идентичны. Результаты общей минерализации соответствуют $M=1.9$ г/л, следовательно, вода не пригодна для питья т.к. принадлежит к категории слабозасоленных вод и классифицируется как сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая вода.

Кроме водных проб вдоль дороги был взят один образец грунта для установления степени засоренности грунта. В вытяжке грунтовой пробы показатель общей минерализации незначительно повышен ($M=0.3$ г/л), по химическому составу она классифицируется как гидрокарбонатно-сульфатная натриево-кальциевая.

Что касается предложенных для исследуемого участка противооползневых мероприятий, основным является регулирование поверхностных водных потоков с помощью системы водосбросов и водоспусков, что требует точного расчета высоты и крутизны склонов, кроме того необходимо максимальное сохранение растительного покрова на делювиальных склонах.

Ключевые слова: геодинамические процессы; гидрогеологические условия; р. Вере; оползневые склоны.

განხილვის თარიღი 20.10.2020

შემოსვლის თარიღი 25.11.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 624.049

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-220-231>

ძველი შენობის ფასადის შენარჩუნება მისი რეკონსტრუქციის დროს

- 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:

რ. ჟღენტი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: rjghenti@yahoo.com

დ. ტაბატაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: demuribatadze@yahoo.com

ანოტაცია. შენობის ფასადს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ქალაქის ტრადიციული იერის შენარჩუნებაში. შენობის ფასადი ეპოქის ცოცხალი გამოხატულებაა და ისტორიის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, ისტორიული თუ კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლად გამოცხადებული შენობის დანგრევა კატეგორიულად მიუღებელია. აუცილებელია მისი რეკონსტრუქცია და ფასადების შენარჩუნება. თბილისში, ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო ღიაივნებიანი საცხოვრებელი სახლების აღდგენა და დღესაც ხორციელდება ძველი უბნების რეაბილიტაცია-

რეკონსტრუქცია. მთლიანად განახლდა ბევრი ცნობილი შენობა, მაგრამ ზოგჯერ საჭირო ხდება შენობის შიგა სივრცის სრულად გადაკეთება. ამ დროს ძირითადი პრობლემა ფასადის კედლების მდგრადობის შენარჩუნებაა, რომელსაც რეკონსტრუქციის პროცესში ხშირად არანაირი კავშირი აღარ აქვს ძირითად კარკასულ ნაწილთან. აღნიშნულ შემთხვევებში, სამშენებლო სამუშაოების შესრულებისათვის აუცილებელია მათი დამოუკიდებლად გამაგრება, რაც სხვადასხვა წესით შეიძლება მოეწყოს, მაგრამ სამუშაოს დამთავრების შემდეგ ფასადი აღდგენილი შენობის განუყოფელი ნაწილი უნდა გახდეს. უკანასკნელ წლებში, რამდენიმე ასეთი

საინტერესო სარეკონსტრუქციო სამუშაო განხორციელდა თბილისში.

საკვანძო სიტყვები: აგება; აღდგენა, გამაგრება; დემონტაჟი; კედელი; მონტაჟი; რეკონსტრუქცია; ფასადი; შენარჩუნება; შენობა.

შესავალი

ქალაქის ტრადიციული არქიტექტურული იერის შენარჩუნებისათვის განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს ძველი შენობების მოვლა-პატრონობა. მათი დიდი უმრავლესობა არქიტექტურული გადაწყვეტითა და მდებარეობით ისე ორგანულად არის შერწყმული განაშენიანებულ გარემოსთან, რომ მათ გარეშე ხშირად წარმოუდგენელი ხდება ქალაქის ამ ნაწილის არსებობა. ყველა ძველი შენობის ფასადი თავისი ეპოქის ცოცხალი გამოხატულებაა და ისტორიის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, მთელ მსოფლიოში და მათ შორის თბილისშიც, ისტორიული თუ კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებად გამოცხადებული შენობების დანგრევა კატეგორიულად მიუღებელია. მათი „სიცოცხლის“ გახანგრძლივების ერთადერთი გზა კარგად გააზრებული სარეკონსტრუქციო სამუშაოების შესრულებაა, ფასადური ნაწილის უცვლელად შენარჩუნებით. თბილისში, ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო ღიაივნიანი საცხოვრებელი სახლების აღდგენა და დღესაც ხორციელდება ძველი უბნების რეაბილიტაციარეკონსტრუქცია. მთლიანად განახლდა ბევრი ცნობილი შენობა (ოპერისა და ბალეტის თეატრი, შოთა რუსთაველის სახელობის თეატრი, სასტუმრო

„თბილისი მარიოტი“, მოსწავლე-ახალგაზრდობის ეროვნული სასახლე და სხვა). ზოგჯერ საჭიროა შენობის შიგა სივრცის სრულად გადაკეთება. ამ დროს ძირითადი პრობლემა არის ფასადის კედლების მდგრადობის შენარჩუნება, რომელსაც რეკონსტრუქციის პროცესში ხშირად არანაირი კავშირი აღარ აქვს ძირითად კარკასულ ნაწილთან. აღნიშნულ შემთხვევებში, სამშენებლო სამუშაოების შესასრულად აუცილებელია მათი დამოუკიდებელი გამაგრება. რეკონსტრუქციის პირობებიდან გამომდინარე, გამაგრების კონსტრუქციები სხვადასხვა წესით შეიძლება მოეწყოს, მაგრამ სამუშაოს დამთავრების შემდეგ ფასადი ისევ ახალი შენობის განუყოფელი ნაწილი უნდა გახდეს. უკანასკნელ წლებში, რამდენიმე ასეთი საინტერესო სარეკონსტრუქციო სამუშაო განხორციელდა თბილისში.

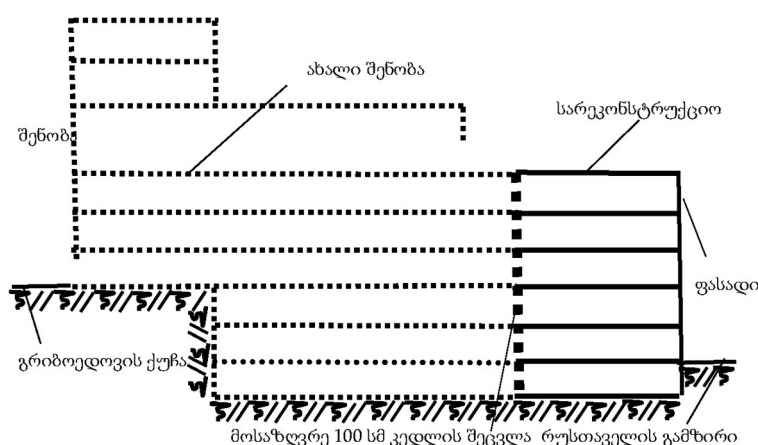
ძირითადი ნაწილი

ძველი შენობის რეკონსტრუქცია, მიუხედავად ექსპლუატაციის ვადისა, რომელიც რამდენიმე საუკუნესაც შეიძლება ითვლიდეს, მათ საწყის მდგომარეობაში დაბრუნებას გულისხმობს. ამისათვის, როგორც წესი, საჭიროა ფუძე-სამძირკვლების, კედლების, სვეტების და სხვა მზიდი ელემენტების გამაგრება-გამლიერება; კარ-ფანჯრების, იატაკის, ღია აივნების, კიბეების, სახურავის და სხვა კონსტრუქციული ელემენტების შეცვლა ან რესტავრაცია. განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს ფასადების მოპირკეთების აღდგენა, რომელიც ისეთივე მასალით და იმავე წესით უნდა განხორციელდეს, როგორც იყო, რათა არ დაირღვეს შენობის არქიტექტურული სახე. ქალაქგეგმარების თანამედროვე მოთხოვნები ხშირად დაკავშირებულია ქალაქის ცენტ-

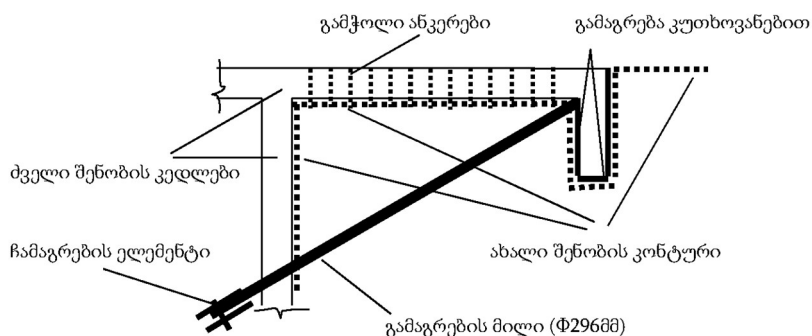
რალურ ნაწილში სავაჭრო ცენტრების, სასტუმროების და სხვა ტურისტული ობიექტების განთავსებასთან. თავისუფალი ტერიტორიების არარსებობის გამო, მაგალითად ქ. თბილისში, ამ მიზნით, რეკონსტრუქციის პროცესში განხორციელდა კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე რამდენიმე შენობის ფუნქციური დანიშნულების შეცვლა და მათი გაფართოება. უნდა აღინიშნოს, რომ თითოეული მათგანის რეკონსტრუქციის ნებართვა გაცივ მხოლოდ არსებული ფასადების შენარჩუნებით, რათა უზრუნველყოფილიყო დიდი ხნის წინ ჩამოყალიბებული განაშენიანების არქიტექტურული სტილის შენარჩუნება.

ერთ-ერთი პირველი ასეთი მცდელობა იყო რუსთაველის პროსპექტზე, გაზეთ „ზარია ვოსტოკას“ სტამბისა და გამომცემლობის შენობის (არქიტექტორი დ. ჩისლიევი). მიშენება-რეკონსტრუქციის შედეგად დიდი სავაჭრო ცენტრის – „მერანის“ გახსნა 2014 წელს. ძველი შენობა წარმოადგენდა 1938 წელს აგებულ კონსტრუქტივიზმის სტილის მრავალსართულიან საწარმოო შენობას.

ახალი პროექტი ითვალისწინებდა რუსთაველის პროსპექტის მხარეს ფასადის უცვლელად დატოვებას. ამასთანავე შენობაში აგურის ყრუ და განიერ კედლებში უნდა მოეწყოთ ფართო გასასვლელები და შემდეგ ძველი შენობა უნდა გაერთიანებულიყო ეზოს ტერიტორიაზე აგებულ, ახალ მრავალსართულიან მონოლითურ რკინაბეტონის კარკასულ შენობასთან (სურ. 1). ძველი შენობის კარკასი, ფასადურ ნაწილში თავიდან ხელუხლებელი დარჩა და საჭირო გახდა, მხოლოდ ჩიხის მხარეს წაგრძელებული გვერდითი ფასადის კედლის გამაგრება. ეზოს მხარეს გამავალი ძველი შენობის ნაწილის დემონტაჟის შემდეგ, თითქმის 20 მეტრი სიმაღლის კედელი სრულად განმარტობული აღმოჩნდა. მისი მდგრადობის შესანარჩუნებლად დამონტაჟდა გამაგრების სპეციალური კონსტრუქცია, რომელიც შემდეგ თანდათანობით ჩაიხსნა ახალი შენობის აგების და ძველის ამ ფასადური კედლის გადახურვის ფილასთან ანკერებით ჩამაგრების პარალელურად (სურ. 2).



სურ. 1. სავაჭრო ცენტრ „მერანის“ მშენებლობის სქემა



სურ. 2 ცალკე მდგომი ფასადის კედლის ჩამაგრების სქემა

ახალი და ძველი შენობების გაერთიანების შემდეგ მათ შორის მოსაზღვრე ძველი შენობის 100 სმ სიგანის აგურის კედელი შეიცვალა რკინაბეტონის 30 სმ სიგანის კედლით. ჩამაგრდა ძველი შენობის მზიდი ელემენტები და ჩამოყალიბდა ერთიანი სავაჭრო სივრცე, რთული იყო ძველი შენობის ფასადის ტერაზიტული ბათქაშის აღდგენა. მას წლების განმავლობაში სათანადო ყურადღება არ ექცეოდა და მრავალჯერ იყო შეკეთებული და შეღებილი. ამიტომ მთელი ფასადები სპეციალური ქიმიური

ხსნარით გაიწმინდა. ამის შემდეგ შეკეთდა დაზიანებები და ძველი და ახალი ფასადები დაიფარა ტერაზიტული ბათქაშით, რომელსაც ტრადიციული ფერის მისაღებად სათანადო ტონირება გაუკეთდა. პრობლემური იყო ლითონის აივნების მოაჯირების აღდგენაც, რადგან თითქმის 100 წლის წინათ არსებული თითბრის სანტექნიკური მილებისა და დეტალების დამზადება მხოლოდ სპეციალური დაკვეთით გახდა შესაძლებელი (სურ. 3).



სურ. 3. ფასადი ტერაზიტული ბათქაშის აღდგენის შემდეგ

თითქმის „მერანის“ ანალოგიურად მიმდინარეობს ყოფილი სოფლის მეურნეობის სამინისტროს შენობის რეკონსტრუქცია კოსტავა/ზოცვაძის ქ. N 14/2. განსხვავება მხოლოდ ძველსა და ახალ შენობებს შორის არსებული სივრცის შევსებაშია. ახალი პროექტის არქიტექტურული გადაწყვეტით მ. კოსტავას ქუჩის მხარეს, შენობის მთელი ფასადური ნაწილი უცვლელად არის დატოვებული. დანარჩენი ნაწილის დემონტაჟით გამოთავისუფლებული ფართობისა და ეზოს ტერიტორიის გამოყენების შედეგად, ზოცვაძის ქუჩაზე აიგო მონოლითური რკინაბეტონის მრავალსართულიანი კარკასი. ძველი შენობის

ფასადური ნაწილის ახალ შენობასთან გაერთიანების შემდეგ, მოხდება ბუნებრივი ქვით მოპირკეთებული ფასადის სრული რესტავრაცია. 2021 წელს აქ გათვალისწინებულია მსოფლიოში სახელგანთქმული ბრენდის – „ჰილტონის“ 5-ვარსკვლავიანი, 200-ნომრიანი სასტუმროს გახსნა. საინტერესოა, რომ ძველი შენობა გასული საუკუნის 50-იან წლებში აიგო როგორც სოციალისტური ეპოქისათვის დამახასიათებელი მონუმენტურობით გამორჩეული საცხოვრებელი სახლი, ხოლო. შემდგომ წლებში იქ განთავსებული იყო სხვადასხვა სახელმწიფო უწყება (სურ. 4).



სურ. 4. სასტუმრო ჰილტონის მშენებლობა

XX და XXI საუკუნეების საინტერესო არქიტექტურული სინთეზი გამოვიდა 12-სართულიანი სასტუმრო და საცხოვრებელი კომპლექსი, რომელიც სულ ახლახან დასრულდა მელიქიშვილის ქუჩაზე. ძველი შენობა, 1930 წელს აიგო არქიტექტორ კ. ლეონტიევის პროექტით, ტუბერკულოზის პირველი საქალაქო ინსტიტუტისთვის. ბოლო წლებში იქ საქართველოს ისტორიის ინსტიტუტი იყო განთავსებული. შენობის არქიტექტურა კონსტრუქცივიზმის იშვიათი ნიმუ-

შია, მისთვის დამახასიათებელი სისადავით, გომეტრიულობითა და ფორმების ლაკონურობით, რომლის გავლენა 1920–1930 წწ. თითქმის ყველა ავტორმა განიცადა. აღნიშნულ სტილს კარგად ერწყმოდა ქართული ისტორიული არქიტექტურის სახასიათო ელემენტები და მთავარი ფასადის ასიმეტრიული გაფორმება, რომელიც კონკრეტულად ამ არქიტექტორისათვის იყო დამახასიათებელი. პირველი სართული ტერაზიტული ბათქაშით იყო დაფარული, ხოლო და-

ნარჩენი ნაწილი გლუვად შებათქაშებულ მოპირკეთებას წარმოადგენდა.

რეკონსტრუქციის თავდაპირველი პროექტი ითვალისწინებდა შენობის ფასადური ნაწილის გამაგრებას და მონოლითური რკინაბეტონის კარკასის მოწყობას, რომელიც ძველი შენობის ფასადთან გაერთიანდებოდა მის მთელ სიმაღლეზე. ამის შემდეგ, ზედა ნაწილში ჩვეულებრივად გაგრძელდებოდა ახალი შენობის აგება. მშენებლობის დაწყებისას აღმოჩნდა, რომ სერიოზული დაზიანებების გამო შენობის ფასადის შენარჩუნება შეუძლებელი იყო. შექმნილი მდგომარეობიდან გამომდინარე, საქართველოს კულტურის სამინისტრომ დაუშვა იშვიათი გამონაკლისი და მოხდა ფასადის ნაწილის სრული

დემონტაჟი იმ პირობით, რომ ფასადი თავისი დამახასიათებელი ყველა ელემენტით (ღია აივნები, თაღები, ფანჯრის ღიობები და სხვა) სრულად იქნებოდა აღდგენილი მშენებლობის დასრულების შემდეგ მასზე არსებული ტერაზიტული ნაღესის მოწყობით. სამშენებლო კომპანია „ბკ კაპიტალმა“ მონოლითურ რკინაბეტონში ზუსტად შეასრულა ფასადის აღდგენის სამუშაოები. უცვლელად იქნა განმეორებული ფასადის ყველა დეტალი, რომელიც ძველი შენობის აგურის ფასადს ახასიათებდა. ძველი ფასადი კარგად შეერწყა შენობის თანამედროვე არქიტექტურას. აღნიშნულ შენობაში, მალე გაიხსნება საერთაშორისო ბრენდის, 125-ნომრიანი, 5-ვარსკვლავიანი სასტუმრო „რამადა ვიდჰემისგან“ (სურ. 5).



სურ. 5. ახალი სასტუმრო და საცხოვრებელი კომპლექსი

ძნელი გადასაწყვეტი აღმოჩნდა, კოსტავას ქუჩა 27-ში, თბილისის დიდი საკონცერტო დარბაზის წინ მდებარე სასტუმრო „მუზას“ რეკონსტრუქციაცაფართოების საკითხი. XX საუკუნის დასაწყისში აგებული სამსართულიანი შენობა დედაქალაქის

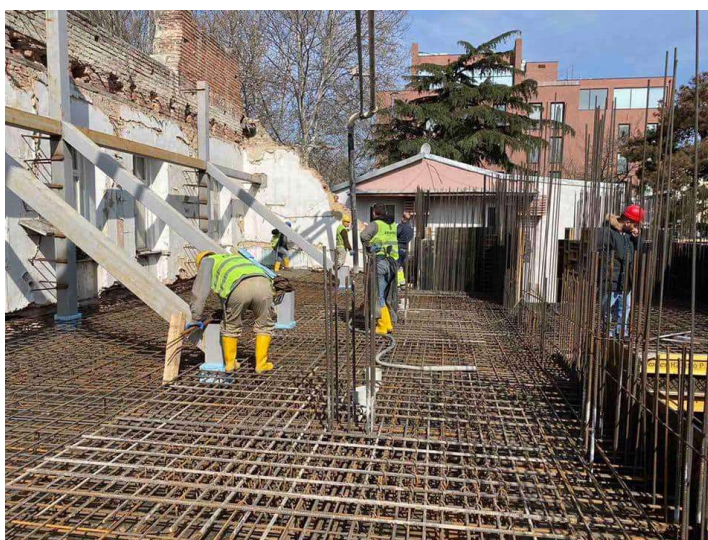
ისეთ გამორჩეულ ადგილას მდებარეობს, რომ მისი რეკონსტრუქციის პროექტის შეთანხმებას მრავალი წელი დასჭირდა. საბოლოოდ გადაწყდა, რომ ხელშეუხებელი იქნებოდა მხოლოდ კოსტავას ქუჩის მხარეს მდებარე ფასადი, შენობის გაფართოება კი

ვერის პარკის მიმართულებით განხორციელდებოდა. ფასადის კედლის გამაგრებისათვის მოხდა მთელი შენობის შიგა ნაწილის ძალიან ფრთხილი დემონტაჟი და გამოთავისუფლებულ სივრცეში აიგო კედლის დამჭერი ლითონის კონსტრუქციული სისტემა (სურ. 6). ფასადის კედლის სიმყარის შესანარჩუნებლად გამოყენებულ იქნა გვერდითი კედლების ნაწილებიც, სადაც ჩამაგრდა გამაგრების კონსტრუქციები გრძივი მიმართულებით. ახალი შენობის

რკინაბეტონის კარკასის და სართულშუა გადახურვების მოწყობის პარალელურად მათ ანკერებით უკავშირებდნენ ფასადის კედელს, კონსტრუქციული გამაგრების დემონტაჟი კითანდათანობით ხდებოდა (სურ. 7). მიშენების პროცესში აღდგენილ იქნა გვერდითი კედლები (სურ. 8). 2021 წელს დაგეგმილია 32-ნომრიანი, 4-ვარსკვლავიანი, განახლებული სასტუმრო „მუზას“ გახსნა.



სურ. 6. სასტუმრო „მუზას“ ფასადის გამაგრება



სურ. 7. სართულშუა გადახურვის ფილის მოწყობა



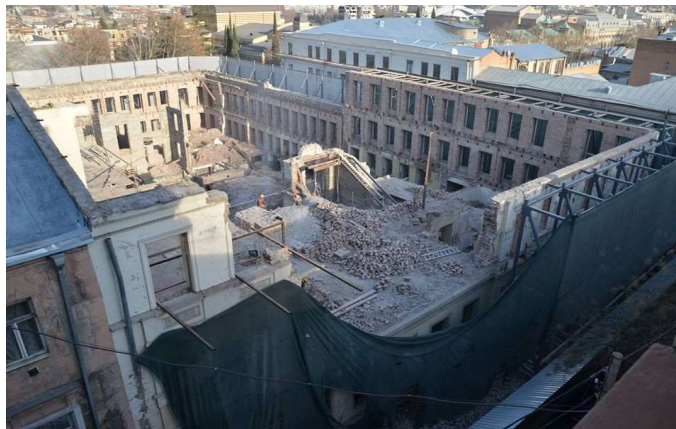
სურ. 8. სასუმრო „მუზას“ ახალი კარკასული ნაწილი

ძალიან განსხვავებული გამაგრების სისტემის მოწყობა მოითხოვა რუსთაველის პროსპექტზე, ყოფილი იუსტიციის სამინისტროს შენობის რეკონსტრუქციამ. თბილისის ერთ-ერთი ულამაზესი შენობა აიგო 1898 წელს (არქიტექტორი ვ. ტატიშჩევი), როგორც შემოსავლების სახლი, სადაც სხვადასხვა დროს მრავალი სახელმწიფო და საუწყებო დაწესებულება ფუნქციონირებდა. რეკონსტრუქციის დაწყებამდე, შენობის მზიდუნარიანობის მდგომარეობის გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ფასადის კედლების დამაკმაყოფილებელი მდგომარეობის მიუხედავად, შენობის შიგა კარკასული ნაწილი სიძველის გამო სრულ განახლებას მოითხოვდა. აქედან გამომდინარე, ფასადის გასამაგრებლად, როგორც რუსთაველის პროსპექტის, ისე ალექსანდრე ჭავჭავაძისა და გრიბოედოვის ქუჩების მხრიდან, საჭირო გახდა მძლავრი ლითონის კონსტრუქციული სისტემების კედლის გარე პერიმეტრზე მოწყობა (სურ. 9). ფასა-

დის გამაგრების სამუშაოების დასრულების შემდეგ განხორციელდა არსებული შენობის შიგა ნაწილის დემონტაჟი ისე, რომ ფასადის კედლებს მათთან არანაირი კავშირი აღარ ჰქონოდა. გამაგრებული ფასადის კედლებით შემოსაზღვრული ტერიტორიის შიგნით, ახალი საძირკვლის მოწყობით დაიწყო რკინაბეტონის მონოლითური კარკასის მშენებლობა (სურ. 10). ახალი შენობის სართულების ამოყვანასთან და სართულშუა გადახურვის ფილების მოწყობასთან ერთად, თანდათან მოხდება მისი გაერთიანება ფასადის კედელთან, რომლის გამაგრების სისტემის დემონტაჟი მხოლოდ რეკონსტრუქციის დამთავრების შემდეგ იქნება შესაძლებელი. ახალი შენობის ძველ ფასადზე ტერაზიტული ბათქაშის აღდგენით უახლოეს წლებში შენობა დაიბრუნებს პირვანდელ არქიტექტურულ სახეს (სურ. 11), როგორც მსოფლიოში განთქმული ბრენდის – „ჰაიატ რიჯერსის“ 5-ვარსკვლავიანი, 170-ნომრიანი სასტუმრო.



სურ. 9. ფასადის კედლის გამაგრების სქემა



სურ. 10. ფასადის კედლით შემოსაზღვრული ტერიტორია



სურ.11. შენობის ფასადი რეკონსტრუქციის შემდეგ

დასკვნა

1. ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში, თავისუფალი ტერიტორიების არარსებობის გამო, სრულიად ახალი ფუნქციური დანიშნულების მქონე შენობე-

ბის ასაგებად შესაძლებელია ძველი, თუნდაც კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე შენობების სარეკონსტრუქციო სამუშაოების ისე შესრულება, რომ სრულიად უცვლელი დარჩეს მათი

ტრადიციული ფასადები და ასეთმა გადაწყვეტამ უარყოფითი გავლენა არ მოახდინოს ქალაქის ამ ნაწილში არსებული განაშენიანების არქიტექტურულ გადაწყვეტაზე;

2. ძველი შენობების ფასადების უცვლელად შენარჩუნებისათვის, რეკონსტრუქციის პროცესში, ხშირად საჭირო ხდება ფასადის კედლების კავშირის გაწყვეტა ძველი ნაგებობის კარკასულ ნაწილთან. ამ დროს ფასადის კედლების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია მათი გამაგრების ისეთი კონსტრუქციული სისტემების შექმნა, რომელიც შესაძლებელს გახდის სამუშაოების დასრულების შემ-

დეგ აღნიშნული ფასადების სრულფასოვან დაკავშირებას შენობის ახალ ნაწილთან;

3. იმ შემთხვევაში, როდესაც სიძველის ან რაიმე სხვა მიზეზის გამო შეუძლებელია სარეკონსტრუქციო შენობის ფასადის შენარჩუნება, როგორც გამოწვევის დასაშვებია მისი სრული დემონტაჟი მხოლოდ იმ პირობით, რომ ახალი ფასადი ზუსტად ისევე იქნება მოწყობილი და მოპირკეთებული, როგორც ადრე იყო. აღნიშნულის კარგი მაგალითია, ქ. თბილისში, ყოფილი ისტორიის ინსტიტუტის შენობის აღდგენილი ფასადი, რომელიც კარგად შეერწყა ახლად აგებული შენობის არქიტექტურას.

ლიტერატურა

1. I. Kvaraia. Reconstruction of buildings while maintaining their facades. Scientific-Technical Journal "Construction", N 4 (53), 2019. (In Georgian);
2. E. Korotaeva, V. Malyarov. Facades and their reconstruction. International student scientific bulletin. N 6. 2018. (In Russian);
3. K. Salukvadze, T. Bidzinashvili. "Architectural synthesis and its importance" Facade architecture - on the example of Tbilisi. Scientific-Technical Journal of Business Engineering. N 3 (53), 2017. (In Georgian);
4. O. Chainikova. Preservation of the front facades of buildings as a way to recreate architectural monuments. Basic research. N 2, 2017. (In Russian);
5. N. Imnadze, T. Chubinidze. Modern architecture in a historical setting. Journal "Education" GTU, Tbilisi. N2 (16). 2016. (In Georgian);
6. I. Kvaraia. Perform reinforcement work extremely During construction and reconstruction under limited conditions. Technical University. Tbilisi. 2016.(In Georgian);
7. M. Davitaia, T. Valishvili. "Rehabilitation-reconstruction of Tshabadze Street". Journal "Education", GTU. N 1 (12), 2015. (In Georgian);
8. D. Zolotozubov, M. Bezgodov. Reconstruction of the building and structures. PNRPU. 2014. (In Russian);
9. I. Kvaraia, Sh. Khanchashvili. Restoration of terraced plaster on the facade of the building. (In English);
10. Scientific-Technical Journal "Construction", N 1 (28), 2013. (In Georgian).
11. K. Amirejibi. The first decade of Soviet architecture in Tbilisi. Scientific-Technical magazine "Architecture and modern problems of urban planning" N1.2011. (In Georgian);
12. I. Kvaraia, M. Javakhishvili. Reconstruction of buildings Technology. Georgian Technical University. 2008 (In Georgian).

UDC 624.049

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-220-231>

Maintenance of the Old Building Facade During Its Reconstruction

Irakli Kvaraaia

Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str.

E-mail: irakvara@yahoo.com

Liana Giorgobiani

Department of Architecture Basics and Theory, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a M. Kostava str.

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

R. Zhgenti, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: rjghenti@yahoo.com

D. Tabatadze, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

Abstract. Facades of buildings are of special importance for the preservation of the traditional architectural appearance of cities. The façade of the building is a living expression of the era in which it was built and it is an integral part of history. Therefore, demolition of buildings declared as historical or cultural heritage sites is categorically unacceptable. It is necessary to carry out their reconstruction work, keeping the facade intact. In Tbilisi, back in the 70s of the last century, the restoration of houses with balconies began, and today the rehabilitation-reconstruction of old neighborhoods is being successfully carried out. Many famous buildings have been completely renovated as a result of the reconstruction, but sometimes it is necessary to completely renovate the interior of the building. The main problem at this time is to maintain the stability of the façade walls, which often, during the reconstruction process, no longer have any connection with the main frame part. That is why they are temporarily strengthened. Due to the conditions of the reconstruction, the reinforcement constructions are arranged in different ways and after the completion of the works, the facade becomes an integral part of the new building again. In recent years, several such interesting reconstruction works have been carried out in Tbilisi.

Key words: building; construction; dismantling; facade; installation; maintenance; reconstruction; restoration; reinforcement; wall.

UDC 624.049

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-220-231>

Сохранение фасада старого здания во время его реконструкции

Иракли Кварая

Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б

E-mail: irakvara@yahoo.com

Лиана Гиоргобиани

Департамент архитектуры и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

Р. Жгенти, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: rjghenti@yahoo.com

Д. Табатадзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

Аннотация. Фасад здания имеет особое значение в сохранении традиционного облика города. Это живое выражение своей эпохи и неотъемлемая часть истории. Поэтому снос зданий, объявленных объектами исторического или культурного наследия, категорически недопустим. Их необходимо реконструировать и поддерживать фасады. В Тбилиси еще в 70-х годах прошлого века началась реставрация домов с открытыми балконами, а сегодня проводится реабилитация-реконструкция старых кварталов. Многие известные здания были полностью отремонтированы, но иногда необходимо полностью обновить интерьер здания. Основная проблема, в этом случае, заключается в сохранении устойчивости фасадных стен, которые в процессе реконструкции часто не связаны с основным каркасом. В этих случаях строительные работы требуют их самостоятельного усиления, которое можно устроить по-разному, но после завершения работ фасад все равно должен стать неотъемлемой частью новостройки. За последние годы в Тбилиси было проведено несколько таких интересных работ по реконструкции.

Ключевые слова: армирование; демонтаж; здание; монтаж; обслуживание; реконструкция; реставрация; строительство; стена; фасад.

განხილვის თარიღი 13.10.2020

შემოსვლის თარიღი 11.11.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 693/694

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-232-244>

თბილისური ცათამბჯენების მშენებლობა

- 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:

რ. ჟღენტი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: rjghenti@yahoo.com

დ. ტაბატაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

ანოტაცია. თბილისში პირველი მაღლივი შენობა 1938 წელს აიგო. ეს არის ცნობილი „11-სართულიანი სახლი“ გმირთა მოედანზე. XX საუკუნის ბოლომდე თბილისში ყველაზე მაღალ შენობად, 22-სართულიანი სასტუმრო „ივერია“ ითვლებოდა. იგი აშენდა 1967 წელს, ყოფილი საბჭოთა კავშირის მთავრობის გადაწყვეტილებით, რომ საბჭოთა რესპუბლიკების ყველა დედაქალაქში მინიმუმ ერთი მაღლივი შენობა მაინც უნდა ყოფილიყო. ამ საუკუნის დასაწყისიდან საქართველო მთლიანად გადავიდა მონოლითური რკინაბეტონით მშენებლო-

ბაზე და მაღლივი კორპუსების რაოდენობა გაიზარდა როგორც თბილისში, ისე მთელს ქვეყანაში. პირველი ნამდვილი ცათამბჯენი, 100 მეტრზე მეტი სიმაღლის, თბილისში 2016 წელს აშენდა. ეს იყო სასტუმრო „ბილტმორის“ 138-მეტრიანი კოშკი. ამის შემდეგ კიდევ აშენდა ექვსი ცათამბჯენი, რაც თბილისის ურბანული დაგეგმარების ახალი ეტაპის დასაწყისად უნდა ჩაითვალოს.

საკვანძო სიტყვები: ბირთვი; კარკასი; კოშკი; ლითონი; მშენებლობა; პილონი; რკინაბეტონი; საყრდენი; შენობა; ცათამბჯენი.

შესავალი

მსოფლიოში, ცათამბჯენების მშენებლობის დასაწყისად XIX საუკუნის ოთხმოციანი წლები ითვლება. მანამდე ექვს- და მეტსართულიანი შენობების აგება შეუძლებელი იყო მზიდი კედლების დიდი სისქის, სიმაღლეში წყალმომარაგებისა და ლიფტების საიმედო მუშაობაში არსებული სერიოზული პრობლემების გამო. ამ საკითხების გადაწყვეტამ აშშ-ში დასაბამი მისცა მაღლივი შენობების აგებას. 1885 წელს ჩიკაგოში არქიტექტორ უილიამ ლე ბარონ ჯენის (მას „ცათამბჯენის მამას“ უწოდებენ) პროექტით აშენდა სადაზღვევო კომპანიის 42 მეტრი სიმაღლის 10-სართულიანი შენობა, რომელსაც მაშინვე ცათამბჯენი ეწოდა. იქ პირველად გამოიყენეს ლითონის კარკასი და მასზე შეკიდული თხელი შემომფარგლავი კედლები. ამ შენობას, რომელიც 1931 წელს დაანგრის, არქიტექტურული ძეგლების სიაში აშშ-ში პირველი ადგილი უჭირავს. 1931 წელს ნიუ-იორკში აშენდა 102-სართულიანი 381 მეტრი (1950-იან წლებში საჰაერო ხომალდების, დირიჟაბლების დასამაგრებელი ანძის ნაცვლად სატელევიზიო კოშკის დამატების შემდეგ 443 მეტრი) სიმაღლის „ემპაიერ სტეიტ ბილდინგი“ (მთავარი არქიტექტორი უილიამ ფ. ლემბი), რომელიც 41 წლის განმავლობაში მსოფლიოში ყველაზე მაღალი შენობა იყო. იმის გამო, რომ 300 მეტრზე მაღლა ფოლადის სვეტებისა და რიგელების სისტემის მდგრადობა ნაკლებად ეფექტური გამოდგა, გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან მთელს მსოფლიოში წარმატებით დაიწყო მზარდი მილის ტექნოლოგიის გამოყენება. მიუხედავად ამ მეთოდის შეუზღუდავი შესაძლებლობისა, შენობის სიმაღლის ზრდასთან ერთად პროპორციულად იზრდე-

ბოდა საყრდენი ფართობი, რაც ცათამბჯენების აგების ძირითად იდეას ეწინააღმდეგებოდა. ამიტომ, მათი მშენებლობა გაგრძელდა ლითონის ან რკინაბეტონის მზიდი ბირთვის გამოყენებით. 2004 წელს ტაივანში, 101-სართულიანი, 509 მეტრი სიმაღლის „ტაიბეი 101“ (დამპროექტებელი კომპანია C.Y.Lee & Partners) გახდა პირველი შენობა, რომლის სიმაღლემ ნახევარ კილომეტრს გადააჭარბა. 2010 წლიდან მსოფლიო ლიდერია ყველაზე მრავალსართულიანი (163) და ყველაზე მაღალი (828 მეტრი) „ბურჯ ხალიფა“ (პროექტის ავტორი არქიტექტორი ადრიან სმიტი).

ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილია 30 – 40-სართულიანი ცათამბჯენების მშენებლობა. სართულების შემდგომი ზრდა, სპეციალური ღონისძიებების გატარებას მოითხოვს რთული საინჟინრო კომუნიკაციების მოსაწყობად, რომელიც ისედაც საერთო ღირებულების 10-15 %-ს შეადგენს. აქედან გამომდინარე, ცათამბჯენების აგება ბოლო დროს ხშირად განპირობებულია მხოლოდ პოლიტიკური და ქალაქრეგულირებითი მოსაზრებით. ამასთანავე თვალში საცემია მსოფლიოში არსებულ ცათამბჯენებს შორის საცხოვრებელი სახლების მცირე წილი (20%) და მათი საშუალო სიმაღლე (140–150 მ).

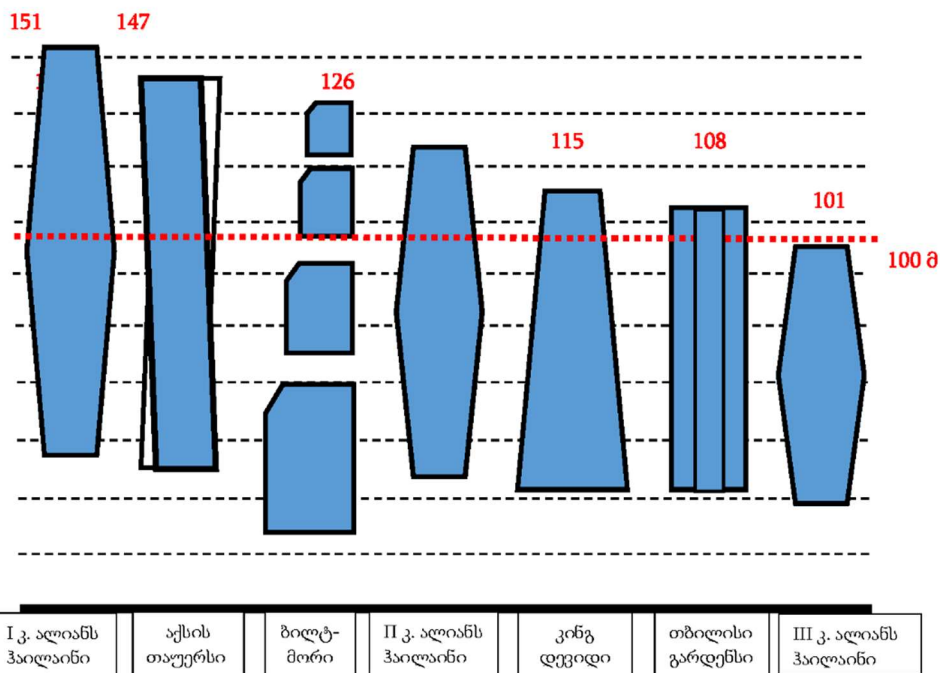
ძირითადი ნაწილი

პირველი მაღლივი შენობა თბილისში, ე.წ. „ასბინიანი სახლი“ (არქიტექტორი მ. კალაშნიკოვი), 1938 წელს აიგო. ეს არის „11-სართულიანი სახლი“ ახლანდელ გმირთა მოედანზე. ის მონოლითური რკინაბეტონისაა და ყოფილ საბჭოთა კავშირში პირველად აქ გამოიყენეს მცოცავი ხის ყალიბები. მეორე მსოფლიო

ომის შემდგომ პერიოდში, სიმაღლით გამორჩეული გახდა 22-სართულიანი სასტუმრო „ივერია“ (არქიტექტორი ო. კალანდარიშვილი, თანაავტორი ი. ცხომელიძე). რომლის მშენებლობა 1967 წელს დასრულდა. მისი აგება დაკავშირებულია საბჭოთა ხელისუფლების მიერ იმ წლებში მიღებულ გადაწყვეტილებასთან, რომ ყველა საბჭოთა რესპუბლიკის დედაქალაქში ერთი სასტუმრო მაინც უნდა ყოფილიყო გამორჩეულად მაღალი. XXI საუკუნის დასაწყისიდან, მონოლითური რკინაბეტონის ტექნოლოგიის დახვეწასთან ერთად, საქართველოში მკვეთრად იმატა სხვადასხვა დანიშნულების, მაღლივი შენობების რიცხვმა. თბილისში 100 მეტრზე მაღალი პირველი ცათამბჯენი, სასტუმრო „ბილტმორის“ შემინული კოშკის სახით, საზეიმოდ გაიხსნა 2016

წელს. 2020 წელს ცათამბჯენების რიცხვმა შვიდს მიაღწია, რაც ქალქმშენებლობის სრულიად ახალ ეტაპზე გადასვლაზე მეტყველებს. პირველ სურ-ზე მოცემულია „თბილისური ცათამბჯენების“ სქემატური გამოსახულება და საინტერესოა თითოეული მათგანის არქიტექტურულ-კონსტრუქციული დაწყვეტა.

2021 წელს დასრულდება მრავალფუნქციური კომპლექსის – „ლიანს ჰაილაინის“ მშენებლობა. პროექტს დეველოპერული კომპანია „ალიანს ჯგუფი“ ახორციელებს. იგი სამი დამოუკიდებელი (40-, 33- და 26-სართულიანი) ცათამბჯენისაგან შედგება. ყველაზე დაბალში საერთაშორისო სასტუმრო ბრენდი „ვინდემ გარდენი“, ხოლო დანარჩენ კომპლექსში პრემიუმ კლასის აპარტამენტები განთავსდება.



I კორპ.

სურ. 1. თბილისური ცათამბჯენების სქემატური გამოსახულება

„ალიანს ჰაილანის“ კომპლექსის კარკასის გაძლიერების მიზნით, სართულშუა გადახურვის რკინაბეტონის მონოლითური წრიული ფილების მთელ პერიმეტრზე, ერთმანეთისაგან თანაბარი დაცილებით რკინაბეტონის მრუდხაზოვანი უწყვეტი პილონებია მოწყობილი შენობის სიმაღლეზე. ამ გზით შენობებისთვის კასრის ფორმის მიცემასთან ერთად, შესაძლებელი გახდა, ფასადის მხარეს მდებარე ყველა ოთახისათვის, ძალიან მოსახერხებელი ღია აივნის მოწყობა. ყველაზე ფართო აივნებმა ადგილი შენობის შუა წელში დაიმკვიდრა, სადაც ყველაზე დიდი დიამეტრის სართულშუა გადახურვის ფილა

განთავსებული. იქიდან, საძირკვლისა და სახურავის მიმართულებით, პილონების გასწორხაზოვნებასთან ერთად თანაბრად მცირდება ფილის დიამეტრი, ცენტრალური ბირთვის დიამეტრამდე. ზუსტად ერთნაირი გადაწყვეტის მიუხედავად, სამივე შენობა განსხვავებულ შთაბეჭდილებას ტოვებს, რაც მათი სიმაღლეების სხვაობით არის გამოწვეული. პირველი კომპლექსის სიმაღლე, თბილისში რეკორდულია და იგი 151 მეტრს შეადგენს. მასზე 25 მეტრით დაბალია მეორე კომპლექსი. ასევე 25 მეტრით დაბალია მეორესთან შედარებით მესამე კომპლექსი და მათი სიმაღლეები შესაბამისად 126 და 101 მეტრს შეადგენს (სურ. 2).



სურ. 2. „ალიანს ჰაილანის“ კომპლექსის მშენებლობა

დასრულებულ ცათამბჯენებს შორის, თბილისში, ჯერჯერობით ყველაზე მაღალია ტყუპი კოშკების საგან შემდგარი, 37-სართულიანი მრავალფუნქციური კომპლექსი „Axis Towers“, რომლის სიმაღლე 147 მეტრს შეადგენს. მისი მშენებლობა 2018 წელს დასრულდა. პროექტი მთლიანად ქართული დეველოპერული კომპანია „აქსისის“ მიერ არის განხორციელებული, რომელიც 1998 წელს დაარსდა და მრავალი ახალი შენობა შემატა თბილისს. აღნიშნული მშენებლობაც ბევრად უფრო ადრე უნდა დამთავრებულიყო, მაგრამ სხვადასხვა სირთულის გამო, მხოლოდ 2015 წლიდან მოხერხდა მისი მშენებლობის გაგრძელება, საქართველოს თანაინვესტირების ფონდის მონაწილეობით. აღსანიშნავია, რომ არქიტექტურული პროექტი და კონსტრუქციული გაანგარიშებები შესრულებულია ქართველი სპეციალისტების მიერ, უცხოელ პარტნიორებთან ძალიან აქტიური და საქმიანი თანამშრომლობის საფუძველზე. შენობის არქიტექტურული კონცეფცია სამი ძირითადი კომპონენტისგან შედგება:

- ორი იდენტური ცათამბჯენი, ტყუპი კოშკი;
- კოშკების ყოველი სართული 2⁰-ით ტრიალებს ღერძის გარშემო, რაც შენობის მოძრაობის და კოშკების ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ ბრუნვის ილუზიას ქმნის;
- კოშკები ერთდროულად მსგავსიგაა და განსხვავებულიც. ერთი მათგანი მოპირკეთებულია მუქი მინით, ხოლო მეორე – ბუნებრივი თეთრი ქვით. ფერების განსხვავების გარდა, ორივეს ზედაპირზე სხვადასხვანაირად და ლამაზად გამოისახება მოპირდაპირე კოშკის ანარეკლი.

უნიკალურია „აქსის თაუერსის“ კონსტრუქციული გადაწყვეტაც, რომელიც ზედხედში საათს ჩა-

მოჰგავს მონოლითური რკინაბეტონის კარკასის ძირითადი ბირთვითა და ციფერბლატივით განლაგებული თორმეტი მასიური პილონით. სამირკვლის მოსაწყობად გამოყენებული იყო ხიმინჯების საკმაოდ რთული სისტემა, რომელთა სიღრმე, ხშირად 30 მეტრს აღემატება და მათი საერთო სიგრძე 18 კმ-ს აჭარბებს. დიდ სიზუსტეს და განსაკუთრებულ შესრულებას მოითხოვდა მონოლითური რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვის ფილების მოწყობა, რომლებიც ყველა სართულზე იცვლიდნენ მდგომარეობას. ევროპაში აღიარებული სამშენებლო-საექსპერტო ორგანიზაციების მიერ რამდენჯერმე იყო შემოწმებული კონსტრუქციული პროექტის შესაბამისობა საერთაშორისო სტანდარტებთან, ხოლო შენობების მდგრადობის დასადასტურებლად, კოშკების მოდელებმა პრალის აკადემიის გამოყენებით მეცნიერებათა ინსტიტუტში გაიარა აეროდინამიკურ მილში გამოცდა სხვადასხვა დატვირთვაზე.

ფუნქციური დანიშნულებიდან გამომდინარე, ტყუპი შენობა, საერთო ფართობით – 103000 მ², დამოუკიდებელ, დიდ ქალაქში მდებარე პატარა ქალაქს შეიძლება შევადაროთ საცხოვრებელი ბინებით, სასტუმროთი, რესტორნებით, კვებისა და სავაჭრო ობიექტებით, გასართობი და დასასვენებელი სივრცეებით. მის ტერიტორიაზე დღესაც აქტიურად გრძელდება ქვეითად მოსიარულეთათვის განკუთვნილი ქუჩების მოწყობა. მიწისზედა სართულების გარდა მას აქვს 4-სართულიანი 526-ადგილიანი მიწისქვეშა ავტოსადგომი. კოშკების გეგმარების თავისებურების გამო ბინები არის ძალიან ნათელი, მაღალჭერიანი, განსაკუთრებული ორიენტაციითა და ხედით. ყველა აღჭურვილია გათბობა-კონდიციონერების თანამედროვე სისტემით, რომლის მართვაც შესაძლებე-

ლია მობილური აპლიკაციებით. ბინები განთავსებულია მე-7 სართულიდან 37-ე სართულის ჩათვლით. აღსანიშნავია ასევე, რომ „აქსის თაურსს“ ემსახურება საქართველოში ყველაზე სწრაფი 22 ლიფტი (სურ. 3).



სურ. 3. „აქსის თაურსის“ ტყუპი კოშკების მშენებლობა

მნიშვნელოვანია თბილისის პირველი ნამდვილი ცათამბჯენის, სასტუმრო „ბილტმორის“ 32-სართულიანი, 138 მეტრი სიმაღლის კოშკის მშენებლობის ისტორია. ჯერ კიდევ 2007 წლის ზაფხულში თბილისის მერიის განკარგულებით, თაბუკაშვილის

ქუჩაზე 13-სართულიანი ახალაშენებული საცხოვრებელი სახლი დაანგრეს. ეს იყო ხელისუფლების მცდელობა, რომ უცხოური ინვესტიციების მოსაზიდად „იმელის“ შენობის უკან ტერიტორია გაეთავისუფლებინათ და მის რეკონსტრუქციასთან ერთად ქალაქის ცენტრში, 7000 მ² ტერიტორიაზე მაღალი კლასის სასტუმრო აეშენებინათ. სხვადასხვა ინვესტორთან მოლაპარაკების დროს თვით „იმელის“ შენობის დანგრევის საკითხმაც გაიჟღერა, რასაც საზოგადოების დიდი პროტესტი მოჰყვა. მოლაპარაკების ჩაშლის შემდეგ, სასტუმრო „ბილტმორის“ აგება ევროპაში სახელგანთქმული იტალიელი არქიტექტორის, მაქსიმილიანო ფუქსასის კონცეფციის შესაბამისად გადაწყდა, რომლის კომპანიის მიერ არის დამუშავებული „თბილისის იუსტიციის სახლისა“ და „თეატრი რიყეზე“ პროექტები. აღნიშნული კონცეფცია ითვალისწინებდა 1938 წელს აგებული სოციალისტური კლასიციზმის ერთ-ერთი გამორჩეული არქიტექტურული ნიმუშის, „მარქსიზმ-ლენინიზმის“ ინსტიტუტის თბილისის ფილიალის შენობის შენარჩუნებას და მის დაკავშირებას 32-სართულიან ულტრათანამედროვე შენობასთან, რომელიც იმავე ეზოში აიგებოდა. პროექტის დაფინანსება და შესრულება 2012 წელს დაიწყო არაბთა გაერთიანებული საამიროების „დაბი ჯგუფის“ მიერ, რომელსაც ამ სფეროში საქმიანობის დიდი გამოცდილება ჰქონდა და 4 წელიწადში დაასრულა საქართველოში პირველი 7-ვარსკვლავიანი სასტუმროს მშენებლობა. მის ერთ ნაწილს წარმოადგენს ბოლნისის ტუფით მოპირკეთებული კულტურული მემკვიდრეობის უნიკალური ძეგლი, ხოლო მეორეს – მონოლითური რკინაბეტონის კარკასით აგებული და შემდეგ მთლიანად შემინული კოშკი. ძველ, მჭიდროდ განაშენიანე-

ბულ უბანში თბილისისთვის არნახული სიმაღლის შენობის აგებამ მწვავე კრიტიკა დაიმსახურა, რაც დღესაც აქტიური განხილვის საგანია. ერთ-ერთი ქართველი არქიტექტორის სიტყვებით „იმელის უკან აგებული ვერტიკალი, ყველაზე კარგი მაგალითია,

თუ როგორი პროექტი არ უნდა განხორციელდეს თბილისში“. მიუხედავად ამისა, სასტუმრო გახსნის დღიდან დიდი პოპულარობით სარგებლობს და მასში სხვადასხვა კლასის 214 ნომერია (სურ. 4).



სურ. 4. სასტუმრო „ბილტმორის“ გათამბჯენი

2018 წელს დასრულდა მრავალფუნქციური კომპლექსის – „კინგ დევიდის“ (King David) მშენებლობა. პროექტის კონცეფცია, რომელზეც ქართველმა და გერმანელმა არქიტექტორებმა ერთობლივად იმუშავეს, ემსახურებოდა თბილისში მსოფლიო დონის მრავალფუნქციური საცხოვრებელი და ბიზნესცენტრის ტიპის კომპლექსის აგებას. პირამიდის ფორმის, პირველ ექვს სართულზე გაერთიანებული ორი კოშკიდან ერთი 31-სართულიანი, 115 მეტრი სიმაღლის საცხოვრებელი კორპუსია. მეორე კი –

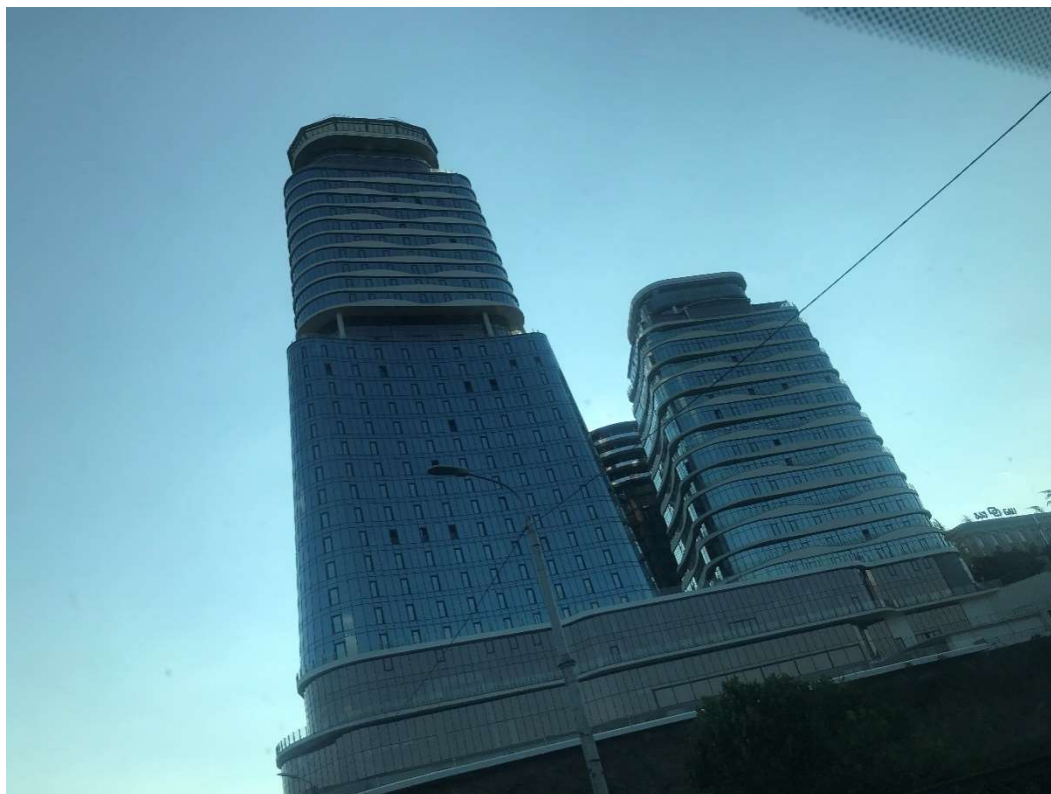
19-სართულიანი ბიზნესცენტრი. ავსტრიული ინვესტიციებით განხორციელებულ პროექტში განსაკუთრებული ადგილი აქვს გამოყოფილი სარეკრეაციო-გასართობ ზონას და 5-ვარსკვლავიან რესტორანს. მთის ბორცვზე, შენობის უნიკალური ადგილმდებარეობის გამო, მშენებლობის დაწყებამდე ჩატარდა გრუნტის ფართომასშტაბიანი გეოლოგიური და გეოფიზიკური გამოკვლევები უცხოელი სპეციალისტების მონაწილეობით. შედეგად დადგინდა, რომ საძირკვლის ძირის საპროექტო ნიშნულს შე-

ესაბამება მე-7 კატეგორიის კლდოვანი ქანი – არგელიტი და ფუძე-გრუნტი გამაგრების დამატებითი ღონისძიებების გატარებას არ მოითხოვს. ქართველი კონსტრუქტორების მიერ დამუშავებული საპროექტო დოკუმენტაციის შესაბამისად მოეწყო საპირკვლის 180 სმ სიმაღლის ერთიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილა. არქიტექტურული გადაწყვეტიდან გამომდინარე, შენობების განაპირა გვერდებისათვის სათანადო დახრის მისანიჭებლად, ამ ადგილებში, მთელ სიმაღლეზე აღიმართა დახრილი რკინაბეტონის სვეტები, რაც დაპროექტების თვალსაზრისით, იშვიათ შემთხვევად უნდა ჩაითვალოს. მშენებლობისას გამოყენებულია უმაღლესი ხარისხის სამშენებლო მასალები და ინოვაციური ტექნოლოგიები. მშენებლობის ყველა ეტაპზე მუდმივად მიმდინარეობდა კონსტრუქციების, ბეტონისა და სამშენებლო მასალების შემოწმება. შემოწმებას ახორციელებდა „SGS“, რომელიც ერთ-ერთი ლიდერი კომპანიაა მსოფლიოში ექსპერტიზის, გამოცდების და სერტიფიცირების სფეროში. რკინაბეტონის კონსტრუქციების განმეორებითი შემოწმება ჩატარდა ბრიტანული კომპანია „ESG“-ს მიერ, რომელიც ასევე მოწინავე კომპანიაა მსოფლიოში კონტროლის, ტესტირების და ინფრასტრუქტურული გადაწყვეტილებების დარგში. კომპლექსი უზრუნველყოფილია ალტერნატიული უწყვეტი ელექტრო- და წყალმომარაგების სისტემებით. აღჭურვილია ცენტრალური გათბობის, ვენტილაციის და კონდიციონირების ყველაზე თანამედროვე და ბრენდული სისტემებით. შენობებს ემსახურება „Kleemann“-ის ბრენდის 6 ლიფტი.

ფასადის პროექტი შემუშავებულია გერმანული კომპანია „Schüco“-ს საპროექტო ჯგუფის მიერ და მათივე ზედამხედველობით შესრულდა სამონტაჟო სამუშაოები. ფასადის კონსტრუქციას ჩაუტარდა შესაბამისი ტესტირება ჰაერგამტარიანობაზე, წვიმის დროს იზოლაციაზე, ქარის დატვირთვასა და მიწისძვრაზე. ტესტირებით დადგინდა, რომ კონსტრუქცია შეესაბამება ყველა საერთაშორისო ნორმას. ფასადზე გამოყენებულია ცნობილი ამერიკული კომპანია „Guardian“-ის ტრიბლექსის ტიპის მინა-პაკეტი, რაც 30%-ით უფრო ენერგოეფექტურს ხდის ფასადს.

კომპლექსმა, როგორც ერთ-ერთმა ყველაზე ხარისხიანმა, კომფორტულმა და უსაფრთხო ნაგებობამ, უნიკალური ხედიით და საცხოვრებელი სახლისა და ბიზნესცენტრის წარმატებული ფუნქციონირებისათვის შექმნილი ყველა პირობით, გასულ წელს მსოფლიოს პრესტიჟულ დაჯილდოებაზე საქართველოში საუკეთესო მრავალფუნქციური კომპლექსის სტატუსი მოიპოვა.

2018 წელს დასრულდა თბილისში, პრემიუმ კლასის, პირველი საცხოვრებელი სახლის – ცათამბჯენის „თბილისი გარდენის“ მშენებლობა, რომელიც საერთაშორისო კომპანია „MYS Architects“-ის (ისრაელი) მიერაა დაპროექტებული და მისივე ზედამხედველობით ხორციელდებოდა მშენებლობის პროცესი. 108 მეტრი სიმაღლის, 29-სართულიანი სახლის მშენებლობა მიმდინარეობდა ნიუ-იორკული სტანდარტების დაცვითა და ამერიკული ინტერიერის დიზაინით.



სურ. 5. მრავალფუნქციური კომპლექსი „კინგ დევიდი“

შენობის კონფიგურაცია, რომელიც დაახლოებით არასწორხაზოვანი, ტოლგვერდა სამკუთხედის ფორმისაა და რკინაბეტონის მონოლითური, კარკასული შენობის სტრუქტურა ისეა გადაწყვეტილი, რომ სვეტების რაოდენობა მინიმუმამდეა დაყვანილი. შესაბამისი მოყვანილობის სართულშუა გადახურვის რკინაბეტონის ფილები, მთელი შენობის სიმაღლეზე ერთმანეთზე კარგად დაწყობილი დისკოების შთაბეჭდილებას ტოვებს. იმის გამო, რომ ვერტიკალური კონსტრუქციული, საყრდენი ელემენტები ზედმეტ ადგილს არ იკავებდეს, ძალიან გამარტივებული იყო სართულებზე ბინების განლაგების ცვლილება და მრავალფეროვანი დიზაინერული გადაწყვეტილებების მიღება. გარე კარ-ფანჯრებისათვის და ფასადის გასაწყობად, მეტი სიმყარის მიზნით გამოყენებული იყო ყველა სეზონისათვის

გათვლილი ალუმინის პროფილები. ხმის სრული იზოლაცია სართულებსა და ოთახებს შორის სპეციალური შრეებით არის უზრუნველყოფილი. ყველა გარე კედელი დაცულია ენერგოეფექტური მასალით კონდენსატის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად. ფანჯრების მინაც ენერგოეფექტური მასალისაა, რაც ენერჯის დაკარგვის გარეშე სინათლით ავსებს ოთახებს. თბოდანაკარგების შესამცირებლად შენობის ყველა ფასადი და სახურავი დაფარულია თბოსაიზოლაციო მასალით. ყველა სანათზე გამოყენებულია LED ნათურები, ელექტროენერჯის ხარჯის შესამცირებლად. საერთო სივრცეები აღჭურვილია სპრინკლერების სახანძრო სისტემით და შენობა სრულად აკმაყოფილებს ამერიკულ სახანძრო ნორმებს. შენობა ასევე სრულად შეესაბამება საერთაშორისო ევროპულ სეისმომდეგობის ნორმებს (ევ-

როკოდი-8). აღსანიშნავია, რომ მოხერხებულობისთვის ყველა სართულზე გამოყოფილია ბოილერებისა და ჰაერის კონდიციონერების სისტემების სპეციალური ადგილები, რომ არ მოხდეს ბინების ღია აივნების გამოყენება. უსაფრთხოების თვალსაზრისით, ბინე-

ბიდან ასევე გატანილია საკომუნიკაციო შახტები. აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე სავენტილაციო სისტემით აღჭურვილი დახურული ავტოსადგომი გათვლილია თითო ბინიდან მინიმუმ ორი ავტომანქანის გასაჩერებლად (სურ. 6).



სურ. 6. „თბილისი გარდენი“

დასკვნა

1. თბილისის ქალაქთმშენებლობაში, სრულიად ახალ ეტაპად უნდა ჩაითვალოს 100 მეტრზე მაღალი ცათამბჯენების მშენებლობა, რომელიც სულ 4 წელია დაიწყო და საკმაოდ წარმატებულად მიმდინარეობს. ამასთან ერთად აუცილებლად გასათვალისწინებელია, რომ თითოეული ასეთი ცათამბჯენის მშენებლობის საკითხი აუცილებლად უნდა გახდეს ფართო საჯარო განხილვის საგანი, რომ არ მოხდეს დედაქალაქში წლების განმავლობაში ჩამოყალიბებული ტრადიციული განაშენიანების პრინციპების დარღვევა;

2. მისასალმებელია, რომ ყველა ცათამბჯენი, რომელიც ამ უკანასკნელ წლებში აშენდა თბილისში, გამორჩეულია თავისი არქიტექტურული და კონსტრუქციული გადაწყვეტით. მათი უმრავლესობა კარგად შეერწყა არსებულ გარემოს. სამწუხაროდ, გამონაკლისია ყველაზე პირველი, 2016 წელს აშენებული ცათამბჯენი, სასტუმრო „ბილტმორის“ 32-სართულიანი კოშკი, რომელიც დღემდე რჩება, როგორც სპეციალისტების ასევე ფართო საზოგადოების მწვავე კრიტიკის ობიექტად.

ლიტერატურა

1. I. Kvaraia. Innovative technologies in construction. Georgian Technical University. Tbilisi. 2020. (In Georgian);
2. P. Ivanova, M. Grigoryan. Modern trends in the design and construction of high-rise buildings. Don's Engineering Bulletin. No. 1. 2019. (In Russian);
3. I. Kvaraia. Modern technologies of construction production. Technical University. Tbilisi. 2018. (In Georgian);
4. D. Grankina, N. Ivanov, V. Konyakhin. Modern design solutions for high-rise buildings on the example of the construction of the Lakhta Center. Don's Engineering Bulletin. No. 4. 2018. (In Russian);
5. M. Abuladze. Conversion or Aggression - an example of uncontrollable development of Tbilisi Urban Environment. Scientific and Technical Magazine. Modern problems of Architecture and Town Planning. Tbilisi. N7. 2017 (In Georgian);
6. T. Mikiashvili. Impact of Architecture on Environment. Scientific and Technical Magazine. Modern problems of Architecture and Town Planning. Tbilisi. N7. 2017. (In Georgian);
7. K. Berekashvili, M. Maisuradze. The new projects forming in the historical center of Tbilisi. Scientific and Technical Magazine. Modern problems of Architecture and Town Planning. Tbilisi. N6. 2016. (In Georgian);
8. D. Vorobrus, R. Abakumov. Feasibility of the construction of skyscrapers and the peculiarities of their construction. International scientific journal "Innovative Science" N 11-3 / 2016. (In Russian);
9. K. Kayani. Design of high-rise buildings: past, present and future. Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. Volume 1. 2014. (In English);
10. K. Berekashvili. The new creations in urban space of old Tbilisi. Scientific and Technical Magazine. Modern problems of Architecture and Town Planning. Tbilisi. N3. 2013. (In Georgian);
11. T. Maklakova. High-rise buildings. Publishing house of the association of building universities. Samara . 2009. (In Russian).

UDC 693/694

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-232-244>

Construction of Tbilisi Skyscrapers

Irakli Kvaraaia Department of Civil and Industrial Engineering and Building Materials, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str.

E-mail: irakvara@yahoo.com

Liana Giorgobiani Department of Architecture Basics and Theory, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b M. Kostava str.

E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Reviewers:

R. Zhgenti, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: rjghenti@yahoo.com

D. Tabatadze, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

Abstract. The first tall building was built in 1938 in Tbilisi. This is the famous "11-storey house" on Heroes' Square. Until the end of the XX century, the tallest building in Tbilisi was the 22-storey hotel "Iveria". It was built in 1967, according to the decision by the former Soviet government that there should be at least one tall building in every capital of the Soviet republics. From the beginning of this century, Georgia completely switched to the construction of monolithic reinforced concrete and the number of high-rise buildings immediately increased both in Tbilisi and throughout the country. The first real skyscraper with a height of more than 100 meters was built in 2016 in Tbilisi. It was the 138-foot tower of Hotel Biltmore. After that, six more skyscrapers were built, which should be considered as the beginning of a new phase of Tbilisi urban planning.

Key words: building; core; construction; frame; metal; pillar; pylon; reinforced concrete; skyscraper; tower.

UDC 693/694

SCOPUS CODE 2215

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-232-244>

Строительство Тбилисских небоскребов

- Иракли Кварая** Департамент технологий гражданского и промышленного строительства и строительных материалов, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава 68^б
E-mail: irakvara@yahoo.com
- Лиана Гиоргобиани** Департамент архитектуры и теории, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^а
E-mail: lika.giorgobiani@gmail.com

Рецензенты:

- Р. Жгенти**, профессор строительного факультета ГТУ
E-mail: rjghenti@yahoo.com
- Д. Табатадзе**, профессор строительного факультета ГТУ
E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

Аннотация. В Тбилиси первое высотное здание было построено в 1938 году. Это знаменитый «11-этажный дом» на площади Героев. До конца XX века самым высоким зданием Тбилиси была 22-этажная гостиница «Иверия». Она была построена в 1967 году благодаря решению бывшего советского правительства, согласно которому в каждой столице советских республик должно было быть хотя бы одно высотное здание. С начала этого века Грузия полностью перешла на строительство из монолитного железобетона и количество высотных домов сразу увеличилось как в Тбилиси, так и по всей стране. Первый настоящий небоскреб высотой более 100 метров был построен в Тбилиси в 2016 году. Это была башня отеля «Билтмор», высотой более 138 метров. После этого были построены еще шесть небоскребов, что следует рассматривать как начало нового этапа градостроительства Тбилиси.

Ключевые слова: башня; железобетон; здание; каркас; металл; небоскреб; пилон; сердечник; столб; строительство.

განხილვის თარიღი 13.10.2020

შემოსვლის თარიღი 11.11.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

UDC 347.77

SCOPUS CODE 3308

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-245-258>

სავალდებულო ლიცენზირების ასპექტები საპატენტო სამართალში

მირანდა გურგენიძე კერძო სამართლის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77

E-mail: mirgurgenidze@gmail.com

თამაზ ურთმელიძე კერძო სამართლის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77

E-mail: t.urtmelidze@gmail.com

რეცენზენტები:

ი. გაბისონია, სტუ-ის სამართლისა და საერთაშორისო ურთიერთობების ფაკულტეტის სამართლის დოქტორი

E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

ა. მოსულიშვილი, გრიგოლ რობაქიძის სახელობის უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, სამართლის დოქტორი

E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

ანოტაცია. სავალდებულო ლიცენზირების საკითხი საერთაშორისო საპატენტო სამართალში ახალი არაა, თუმცა ქართულ კანონმდებლობაში 2010-2017 წლებში აღნიშნული ინსტიტუტი გაუქმებული იყო და მისი ახლებური სახით ჩამოყალიბება აქტიური გახდა მას შემდეგ, რაც დღის წესრიგში დადგა საქართველოსა და ევროკავშირის და ევროპის ატომური ენერჯის გაერთიანებასა და მათ წევრ სახელმწიფოებს შორის ასოცირების შესახებ შეთანხმების IV კარის მე-9 თავით (ინტელექტუალური საკუთრების უფლებები) გათვალისწინებული დებულებების შესაბამისად, აღებული ვალდებულების

შესრულების აუცილებლობა და საქართველოს კანონმდებლობის ზემოაღნიშნულ შეთანხმებასთან, ასევე, ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ (TRIPS) შეთანხმებასა და ევროკავშირის კანონმდებლობასთან შესაბამისობაში მოყვანა.

წინამდებარე სტატიაში ავტორების მიერ შესწავლილია სავალდებულო ლიცენზირების საკითხები ქართულ საპატენტო სამართალში, ასევე განხილულია ის საერთაშორისო ხელშეკრულებები, რომლებიც ეხება სავალდებულო ლიცენზირების თემატიკას.

სტატია შედეგება შესავლის, ორი თავისა და დასკვნისგან. შესავალში მიმოხილულია პატენტის მფლობელის განსაკუთრებული უფლებებისა და ამ უფლებების შეზღუდვის საფუძვლების შესახებ.

პირველ ნაწილში მოცემულია იმ საერთაშორისო ხელშეკრულებების სამართლებრივი ანალიზი, სადაც ვხვდებით პატენტების არანებაყოფლობით / იძულებითი ლიცენზირების მარეგულირებელ ნორმებს.

მეორე ნაწილში ავტორების მიერ მსჯელობა გაშლილია უშუალოდ საქართველოს საპატენტო სისტემაში მოქმედ სავალდებულო ლიცენზირების საკითხების ირგვლივ. აღნიშნული პრობლემა მეტად აქტუალური, საინტერესო და ნოვატორულია იურიდიული თვალსაზრისით, რადგან სავალდებულო ლიცენზირების საკითხთან ერთად, აქტიურდება პატენტმფლობელისთვის კომპენსაციის გაცემის წესი, რაც თავისთავად დაკავშირებულია მის ქონებრივ უფლებებთან და ბოლოს დასკვნაში შეჯერებული და რეზიუმირებულია სავალდებულო ლიცენზიის ის ძირითადი მიმართულებები, რასაც ვხვდებით საერთაშორისო საპატენტო და ეროვნულ სისტემაში.

საკვანძო სიტყვები: კომპენსაცია სავალდებულო ლიცენზირებისას; სავალდებულო ლიცენზირება; საპატენტო სამართალი.

შესავალი

საქართველო საუკუნეების განმავლობაში იმყოფებოდა ჯერ ცარიზმის, შემდეგ კი საბჭოთა რუსეთის მმართველობის ქვეშ და შესაბამისად ქვეყანაში

მოქმედებდა რუსეთის იმპერიაში ჩამოყალიბებული საპატენტო სამართალური თეორია. მოგვიანებით კი რევოლუციით მეფის ხელისუფლების შეცვლამ და კერძო საკუთრების უფლებებელყოფამ განაპირობა ისეთი ჰიბრიდული საპატენტო სისტემის შემოღება, რომელმაც მართალია, გამოგონებაზე არაქონებრივი უფლებები დაუტოვა გამომგონებელს, თუმცა ქონებრივი უფლებები სრულად გადასცა სახელმწიფოს. რაც, რასაკვირველია, ეწინააღმდეგებოდა გამომგონებლის (რომლის ინტელექტუალურ-შემოქმედებითი შრომის შედეგად იქმნება გამოგონება) განსაკუთრებულ უფლებებს.

დამოუკიდებლობის აღდგენის დღიდან, საქართველომ ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად დაისახა ინტელექტუალური საკუთრების დაცვის ეროვნული სისტემის შექმნა, რაც აისახა კიდევ ქვეყნის კონსტიტუციასა და შესაბამის საკანონმდებლო აქტებში. აღსანიშნავია, რომ საქართველო პირველი ქვეყანაა ყოფილი საბჭოთა რესპუბლიკებიდან, რომელმაც 1992 წელს ჩამოაყალიბა ეროვნული საპატენტო უწყება. დროთა განმავლობაში საპატენტის უფლებამოსილებებს შორის, მთლიანად იქნა კონსოლიდირებული ინტელექტუალური საკუთრების ყველა ობიექტი: გამოგონებები, სასაქონლო ნიშნები, დიზაინები, ადგილწარმოშობის დასახელებები და გეოგრაფიული აღნიშვნები, ასევე, საავტორო და მომიჯნავე უფლებები [17, 18].

დღეს მოქმედი საქართველოს კონსტიტუციის მე-20 მუხლით აღიარებულია ინტელექტუალური საკუთრების უფლება, რომლის დაცვა ორ ფუნდამენტურ დებულებას აერთიანებს: 1. ინტელექტუალური საკუთრების ავტორები იძენენ უფლებებს თავიანთი ინტელექტუალურ-შემოქმედებითი შრომის შედე-

გად და 2. შესაძლებელია მათ შექმნილ ნაწარმოებზე მოპოვებული უფლებების გასხვისება ან ლიცენზიით გადაცემა სხვა პირებზე.

აღსანიშნავია, რომ ინტელექტუალური საკუთრების დაცვის ერთ-ერთი უძველესი ფორმა პატენტი. პატენტით დაცვა ახდენს არა მხოლოდ გამოგონების შექმნის დაფასებას, არამედ, ასევე, გამოგონების იმ დონემდე განვითარებას უწყობს ხელს, რომ ის ტექნოლოგიურად გამოყენებადი და რეალიზებადი გახდება. ეს მასტიმულირებელი ფაქტორი ახდენს შემოქმედებითი შრომის წახალისებას და კომპანიების დამატებით ხელშეწყობას, რათა მათ გააგრძელონ ახალი ტექნოლოგიების განვითარება იმ ეტაპამდე, რომელზეც ის რეალიზებადი, საზოგადოებისთვის გამოსადეგი და კეთილდღეობისთვის სასურველი გახდება (8,3).

საქართველოს „საპატენტო კანონით“ პატენტი განმარტებულია, როგორც: „პატენტის მფლობელის სახელზე გაცემული დოკუმენტი, რომელიც ადასტურებს მისი გაცემის მომენტისათვის პატენტის მფლობელის განსაკუთრებულ უფლებებს“ (საპატენტო კანონის მე-2 მუხლის „ვ“ პუნქტი). ამავე კანონის თანახმად: „გამომგონებელი არის ფიზიკური პირი, რომლის ინტელექტუალური შემოქმედებითი შრომის შედეგად შეიქმნა გამოგონება“.

გაცემული პატენტის მოქმედება იმით გამოიხატება, რომ ქვეყანაში დაპატენტებული გამოგონება არ შეიძლება გამოიყენოს იმ პირმა, რომელიც არ არის პატენტმფლობელი, თუ თავად პატენტმფლობელი არ იქნება თანახმა ასეთ გამოყენებაზე. როცა მფლობელი არ იყენებს პატენტიდან გამომდინარე უფლებებს, მას მაინც ენიჭება უფლება ხელი შეუშალოს სხვებს თავისი გამოგონების გამოყენებაში. რაც

ხშირად ფორმულირებულია, როგორც უფლება, აუკრძალოს სხვა პირს თავისი გამოგონების წარმოების, გამოყენების ან გაყიდვის შესაძლებლობა. ნებისმიერი პირის წინააღმდეგ, რომელიც პატენტმფლობელის თანხმობის გარეშე გამოიყენებს ქვეყანაში დაპატენტებულ გამოგონებას, სასამართლოში საქმის აღძვრის უფლება პატენტმფლობელის ყველაზე მნიშვნელოვანი უფლებაა, რომელიც მას საშუალებას აძლევს, მიიღოს მატერიალური სარგებელი, როგორც გასამრჯელო ინტელექტუალური ძალისხმევისა და შრომისათვის, და როგორც იმ ხარჯების კომპენსაცია, რომელიც მან გაიღო გამოკვლევებისა და ექსპერიმენტების პროცესში, რამაც იგი გამოგონებამდე მიიყვანა [10,195-196].

მიჩნეულია, რომ პატენტს თავისი ბუნებით აქვს: დაპატენტებული ობიექტის გამოყენების განსაკუთრებული (მონოპოლიური) უფლების მინიჭების ფუნქცია. ამ უფლების მთავარი შინაარსია ის, რომ იმ ქვეყნის ტერიტორიაზე, სადაც გაიცა პატენტი პატენტმფლობელის ნებართვის გარეშე არავის შეეძლოს პატენტით დაცული ობიექტის გამოყენება [11, 38].

აღნიშნული მიდგომა ავტომატურად არ ნიშნავს იმას, რომ პატენტმფლობელის უფლება არ შეიძლება შეიზღუდოს. პატენტიდან გამომდინარე პატენტმფლობელის უფლებების მონოპოლიური ხასიათის მიუხედავად, საზოგადოებრივი მოთხოვნილებებისა და ინტერესების გათვალისწინებით საპატენტო კანონმდებლობა ასრულებს სამართლისთვის დამახასიათებელ რეგულაციურ ფუნქციას და აწესებს პატენტმფლობელის უფლებების შემზღვეველ ნორმებს [11, 126-127].

საპატენტო სისტემების უმრავლესობა პატენტ-მფლობელისაგან მოითხოვს, მაგალითად, მისი გამოგონების გამოყენებას მის მიერვე ან მის გამოყენებაზე ლიცენზიის გაცემას სხვა პირთათვის, თუ მას სურს თავისი მონოპოლიის შენარჩუნება. თუ, მაგალითად, შეიძლება იმის დამტკიცება, რომ დაპატენტებული გამოგონება არ არის ან არასაკმარისად არის გამოყენებული ქვეყანაში, მესამე პირზე გაიცემა არანებაყოფლობითი (იძულებითი) ლიცენზია. დაპატენტებული გამოგონება შეიძლება ხშირად გამოიყენოს მთავრობამ ან მთავრობის მიერ უფლებამოსილმა მესამე პირმა, თუ ამას მოითხოვს საზოგადოებრივი ინტერესები, შეთანხმებული ან სასამართლო ინსტანციებით დადგენილი პერიოდის განმავლობაში. [10, 216].

ძირითადი ნაწილი

1. სავალდებულო ლიცენზირების საფუძვლები საერთაშორისო ხელშეკრულებებში

ინტელექტუალური შემოქმედებისა და მისგან გამომდინარე სიკეთით სარგებლობის უფლება წარმოადგენს კულტურულ უფლებათა კატეგორიას. არაერთი საერთაშორისო კონვენცია აღიარებს, რომ სახელმწიფოს პირველ ყოვლისა ევალება პატივი სცეს თითოეული ადამიანის თავისუფლებას, მოძიოს და მიიღოს ინფორმაცია მეცნიერების სფეროში მიმდინარე მოვლენების შესახებ და გამოიყენოს ახალი მეცნიერული მიღწევების შედეგები, ასევე პატივი სცეს მათ უფლებას ისარგებლონ ამ პროგრესით [13, 345].

სახელმწიფო ინტელექტუალური საკუთრების დაცვის კუთხით ქმნის ეროვნულ კანონმდებლობას

და უერთდება ინტელექტუალური საკუთრების მარეგულირებელ რეგიონულ ან/და საერთაშორისო შეთანხმებებს შემდეგი მიზეზების გამო:

- ინტელექტუალური საკუთრების ობიექტის დაცვით ხელი შეუწყოს ადამიანის შემოქმედებითი საქმიანობის სხვადასხვა ფორმის განვითარებას;
- შემოქმედებით ადამიანს მიანიჭოს ოფიციალური აღიარება;
- შექმნას საჭირო საინფორმაციო ბაზები;
- შეთანხმებებით, რომლებიც უზრუნველყოფს მრავალმხრივ დაცვას, ხელი შეუწყოს ადგილობრივი კულტურის, მრეწველობის, ასევე, საერთაშორისო ვაჭრობის ზრდასა და განვითარებას. [9, 8].

აღსანიშნავია, რომ საქართველო მიერთებულია არაერთ საერთაშორისო ხელშეკრულებას, კონვენციას თუ შეთანხმებას, სადაც საუბარია „იძულებითი ლიცენზირების“ რეგულაციებზე (მაგ: პარიზის კონვენცია სამრეწველო საკუთრების დაცვის შესახებ; ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ შეთანხმება TRIPS).

იმ ქვეყნებში, რომლებშიც გათვალისწინებულია არანებაყოფლობითი ლიცენზირების გაცემა, ასეთი ლიცენზიები, როგორც წესი, იყოფა ორ კატეგორიად: პატენტზე უფლების ბოროტად გამოყენების შემთხვევაში, ზოგი ქვეყანა ითვალისწინებს იძულებითი ლიცენზიის გაცემას ბოროტად გამოყენების თავიდან ასაცილებლად, რაც შეიძლება წარმოიშვას პატენტით მინიჭებული განსაკუთრებული უფლებების გამოყენების შედეგად. პარიზის კონვენციის 5A(2) მუხლის თანახმად *გამოგონების გამოყენებლობა წარმოადგენს ბოროტად გამოყენე-*

ბის ასეთ მაგალითს. საზოგადოებრიობის ინტერესებიდან გამომდინარე, არაერთი ქვეყანა ითვალისწინებს არანებაყოფლობითი ლიცენზიების გაცემას, თუ იგი საჭიროა საზოგადოების კეთილდღეობისათვის ჯანმრთელობის დაცვის, უშიშროებისა და ეკონომიკის განვითარების ჩათვლით [10, 233-234].

როგორც აღნიშნა, დადგენილი საერთაშორისო პრაქტიკის თანახმად იძულებითი/სავალდებულო ლიცენზირება ორ ძირითად შემთხვევაში ხორციელდება: 1. პატენტზე უფლების ბოროტად გამოყენებისას და 2. საზოგადოებრივი აუცილებლობიდან / საჭიროებებიდან გამომდინარე.

1883 წლის 20 მარტის სამრეწველო საკუთრების დაცვის პარიზის კონვენციაში მითითებულია, რომ: „კავშირის თითოეულ ქვეყანას უფლება აქვს მიიღოს საკანონმდებლო ზომები, რომლებიც ითვალისწინებს იძულებითი ლიცენზიების გაცემას პატენტით მინიჭებული განსაკუთრებული უფლებებით ბოროტად სარგებლობის აღსაკვეთად, მაგალითად, პატენტის გამოყენებლობის შემთხვევაში“ [3, 11].

ამასთანავე, მნიშვნელოვანია განიმარტოს თუ რას წარმოადგენს „ბოროტად გამოყენება“, რომლის განმახორციელებელი სუბიექტი, რასაკვირველია პატენტის მფლობელი გვევლინება პარიზის კონვენციის 5A(2) მუხლის თანახმად, თავად გამოგონების გამოყენებლობაა მოქცეული პატენტის „ბოროტად

გამოყენების“ ცნებაში. უფრო ვიწროდ რომ შევხედოთ პრობლემას, აღნიშნული მოვლენის დეფინიცია და ფარგლები ეროვნული კანონმდებლობის დასადგენია¹. ამასთანავე, სამართლებრივი თვალსაზრისით, ყურადღებამისაქცევია ის გარემოება, რომ პატენტების გამოყენება შესაძლოა დაკავშირებული იყოს პატენტის მფლობელსა და ფიზიკურ ან იურიდიულ პირთან არასავალდებულო, ნებაყოფლობითი სალიცენზიო ხელშეკრულების გაფორმებასთან.

ინტელექტუალური საკუთრების სამართალში დომინირებს მოსაზრება, რომ ქვეყანაში, სადაც არსებობს ასეთი ნორმები, ამ ლიცენზიებს იშვიათად იყენებენ და, კიდევ უფრო იშვიათად გასცემენ, მათ მცირე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ. მეორე, ასეთი ნორმები, იშვიათადაც რომ გამოიყენებოდეს, უზრუნველყოფენ სამართლებრივ შესაძლებლობას, რომელიც სტიმულს აძლევს პატენტმფლობელს ხელშეკრულება დადოს ნებაყოფლობითი ლიცენზირების თაობაზე. თუმცა, თანამშრომლობის ატმოსფერო, რომელიც, ჩვეულებრივ, სუფევს ნებაყოფლობითი ლიცენზირების შემთხვევაში, უფრო ეფექტურია, ვიდრე ძალდატანება, რომელიც ახლავს ტექნოლოგიის სრულ და გახანგრძლივებულ გადაცემას იძულებითი ლიცენზირების დროს (10, 237-238).

¹აღსანიშნავია, რომ ჩვენი ეროვნული კანონმდებლობა სავალდებულო ლიცენზირების თემატიკას ავითარებს მეტწილად იმ მიმართულებით, რომ სავალდებულო ლიცენზია შესაძლებელია გაიცეს ერთ-ერთ იმ შემთხვევაში, თუ: ა) აუცილებელია პატენტის გამოყენება სტიქიური უბედურების, კატასტროფის, ეპიდემიის, თავდაცვის, საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის დროს. ამასთან, ტერმინის „ბოროტად გამოყენება“ ადგილი არ აქვს, თუმცა თავისი არსიდან გამომდინარე, აღნიშნული მექანიზმების არსებობა ხელს უწყობს საქართველოში საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის გარანტიების უზრუნველყოფას და პატენტზე უფლებების ბოროტად გამოყენების შესაძლებლობის აღკვეთას.

პარიზის კონვენციის 5A(2) მუხლში საგანგებოდ არის დათქმული, რომ პარიზის კავშირის წევრებს შეუძლიათ გაითვალისწინონ იძულებითი ლიცენზიების გაცემა, რათა აღიკვეთოს ბოროტად გამოყენება, რომელიც წარმოიშობა პატენტებზე უფლებების განხორციელების შედეგად, გამოგონების გამოუყენებლობის ჩათვლით. 5(4) მუხლი ითვალისწინებს, რომ გამოგონების გამოუყენებლობის ან არასაკმარისი გამოყენების მიზეზით იძულებითი ლიცენზიების მოთხოვნა არ შეიძლება გამოგონების გამოუყენებლობის ან არასაკმარისი გამოყენების განსაზღვრული ვადის გასვლამდე. ეს ვადა არის ოთხი წელიწადი პატენტზე განაცხადის შეტანის თარიღიდან ან სამი წელი გამოგონებაზე პატენტის გაცემის თარიღიდან. გამოსაყენებელ ვადად მიიჩნევა ის, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში უფრო გვიან გადის. [10,238]

ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ შეთანხმება TRIPS ერთგვარი გარანტიაა იმისა, რომ იძულებითი ლიცენზირება სახელმწიფომ არ განახორციელოს არაკეთილსინდისიერად და არ შეილახოს პატენტის მფლობელის ქონებრივი უფლებები [16,140-142].

პირველი, რასაც აღნიშნული შეთანხმება ადგენს

პატენტების იძულებით ლიცენზირებასთან დაკავშირებით, გახლავთ შემდეგი:

- გამოყენების უფლებამოსილების გაცემისას უნდა შეფასდეს პატენტის კერძო ავკარგიანობა;
- გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოყენებამდე სავარაუდო მომხმარებელი შეეცადა მიეღო უფლებამოსილება უფლების მფლობელისაგან გონივრული კომერციული ვადით და პირობებით და, თუ ასეთი მცდელობა არ დასრულდა წარმატებულად გონივრულ ვადაში¹.
- გამოყენების ფარგლები და ხანგრძლივობა შემოიფარგლება იმ მიზნიდან გამომდინარე, რომლისათვისაც გამოყენების ნებართვა გაიცა.
- ასეთი გამოყენებისათვის გაცემული ნებართვა უნდა ექვემდებარებოდეს შეწყვეტას იმ შემთხვევებში, როდესაც გარემოებები, რამაც გამოიწვია ნებართვის გაცემა, აღარ არსებობს და ნაკლებად სავარაუდოა, რომ ხელახლა წარმოიქმნას, ამასთანავე, გასათვალისწინებელია იმ პირთა კანონიერი ინტერესების თანაბარწილოვანი დაცვა, რომლებსაც მიეცათ აღნიშნული ნებართვა.
- უფლებამოსილ ორგანოს უნდა ჰქონდეს უფლებამოსილება გადახედოს ასეთი გარემოებების უწყვეტ არსებობას, საბუთებელი მოთხოვნის შემთხვევაში;

¹ აღსანიშნავია, რომ წევრ სახელმწიფოებს შეუძლიათ უარყონ ეს მოთხოვნა ეროვნული უსაფრთხოების ან გადაუდებელი აუცილებლობის ღონისძიებების გატარებისათვის სხვა გარემოებების წარმოქმნის ან საჯარო არაკომერციული გამოყენების შემთხვევებში. ეროვნული უსაფრთხოების ან გადაუდებელი აუცილებლობის ღონისძიებების გატარების აუცილებლობის ვითარების არსებობის მიუხედავად უფლების მფლობელი უნდა იყოს ჩაყენებული საქმის კურსში იმდენად სწრაფად, რამდენადაც ეს გონივრულად პრაქტიკული იქნება. საჯარო არაკომერციული გამოყენების შემთხვევაში თუ მთავრობამ ან კონტრაქტორმა, საპატენტო ძიების ჩატარების გარეშე იციან ან აქვთ ამკარა საფუძვლები იცოდნენ, რომ მოქმედი პატენტი გამოიყენება ან იქნება გამოყენებული მთავრობის მიერ ან მთავრობის ინტერესებისათვის, უფლების მფლობელი უნდა იყოს ინფორმირებული დაუყოვნებლივ. (http://www.sakpatenti.gov.ge/media/page_files/trips_ge.pdf)

ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ შეთანხმება TRIPS-ით აგრეთვე გათვალისწინებულია:

- შესატყვისი გასამრჯელოს მიცემა უფლებების მფლობელისთვის (ამასთანავე მხედველობაში მიღებულ უნდა იქნეს ნებართვის ეკონომიკური ღირებულება);

- ასეთ გამოყენებასთან დაკავშირებული ნებისმიერი გადაწყვეტილების სასამართლო ან სახელმწიფოს უმაღლესი დონის უფლებამოსილი ორგანოს მიერ გადახედვის შესაძლებლობა;

- შესატყვისი გასამრჯელოს მიმართ ნებისმიერი გადაწყვეტილების სასამართლო ან სახელმწიფოს უმაღლესი დონის უფლებამოსილი ორგანოს მიერ გადახედვის შესაძლებლობა.

ვფიქრობთ, ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ შეთანხმება TRIPS-ში განსაზღვრული ნორმები სავალდებულო ლიცენზირებასთან დაკავშირებით არის ადმინისტრაციულ-ორგანიზაციული და სამართლებრივი ღონისძიებების სახელმძღვანელო, რომელიც პრინციპების დონეზე არეგულირებს სავალდებულო ლიცენზირებასთან დაკავშირებულ საკითხებს, თუმცა ამ პროცედურების დეტალიზება ცალსახად ეროვნული კანონმდებლობით უნდა განხორციელდეს.

2. სავალდებულო ლიცენზირების საფუძვლები ეროვნულ კანონმდებლობაში

ქართულ საპატენტო სისტემაში რამდენჯერმე შეიცვალა მიდგომები სავალდებულო ლიცენზირების საკითხებთან დაკავშირებით, რაც განპირობებული იყო საპატენტო კანონმდებლობაში არაერთი ცვლილებით. მიუხედავად იმისა, რომ საპატენტო

სამართალურთიერთობაში მეტწილად გათვალისწინებული იყო პატენტმფლობელის უფლებების შეზღუდვა და არსებობდა კიდევ სავალდებულო (იძულებითი) ლიცენზირების მომწესრიგებელი ნორმები, საქართველოს საპატენტო კანონის 2010 წლის ცვლილების შედეგად, გაუქმდა დაპატენტებული გამოგონების სავალდებულო გამოყენების ნაგულისხმები მოთხოვნა. ამ ცვლილებით საქართველომ უარყო საპატენტო სამართლის ფუძემდებლური პრინციპი, რომლის მიხედვითაც გამომგონებლისთვის განსაკუთრებული უფლებების მინიჭება ამ გამოგონების საზოგადოების სასარგებლოდ აუცილებელი გამოყენების სანაცვლო ვალდებულება სახელმწიფოს მხრიდან. [12, 324] აღნიშნული სამართლებრივი რეალობა შენარჩუნებული გახლდათ რამდენიმე წელი ხოლო, 2018 წელს საქართველოს „საპატენტო კანონში“ ამოქმედდა ცვლილება, რომელიც შეეხო პატენტით დაცული გამოგონების სპეციალურ სავალდებულო ლიცენზირების სისტემას. აღნიშნული ცვლილების მიზეზი გახლავთ, საქართველოსა და ევროკავშირის და ევროპის ატომური ენერჯის გაერთიანებასა და მათ წევრ სახელმწიფოებს შორის ასოცირების შესახებ შეთანხმების IV კარის მე-9 თავით (ინტელექტუალური საკუთრების უფლებები) გათვალისწინებული დებულებების შესაბამისად აღებული ვალდებულების შესრულების აუცილებლობა და საქართველოს კანონმდებლობის ზემოაღნიშნულ შეთანხმებასთან, ასევე, ინტელექტუალური საკუთრების უფლებების ვაჭრობასთან დაკავშირებული ასპექტების შესახებ (TRIPS) შეთანხმებასა და ევროკავშირის კანონმდებლობასთან შესაბამისობაში მოყვანა.

გარდა ამისა, საქართველოს მთავრობამ 2020

წლის 17 სექტემბერს მიიღო #586-ე დადგენილება, რომელიც ეხება პატენტით დაცული გამოგონების და სასარგებლო მოდელის გამოყენებისათვის სავალდებულო ლიცენზიების გაცემის წესს, პროცედურებს და გადაწყვეტილების მიმღები მუდმივმოქმედი საბჭოს შემადგენლობას.

როგორც აღინიშნა, საქართველოს „საპატენტო კანონს“ დაემატა 52¹ მუხლი სავალდებულო ლიცენზირების სისტემასთან დაკავშირებით. მითითებული მუხლის მიხედვით, პატენტის გამოყენების აუცილებლობიდან გამომდინარე, სტიქიური უბედურების, კატასტროფის, ეპიდემიის, თავდაცვის, საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის დროს, ასევე იმ შემთხვევაში, თუ შეუძლებელია პატენტით დაცული გამოგონების ან სასარგებლო მოდელის გამოყენება სხვა უფრო ადრინდელ პატენტზე პატენტის მფლობელის ან მისი უფლებამონაცვლის განსაკუთრებული უფლებების დარღვევის გარეშე, შესაძლებელი ხდება პატენტით დაცული გამოგონებისა და სასარგებლო მოდელის გამოყენება კომპეტენტური ორგანოს სავალდებულო ლიცენზიის საფუძველზე.

აღნიშნული ნორმის შესაბამისად, ასევე განისაზღვრა სავალდებულო ლიცენზიის გამცემი უწყება, სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის საფუძველი, გამოყენების ფარგლები და პირობები.

საპატენტო კანონის 52¹ მუხლის მეორე პუნქტის შესაბამისად: „სავალდებულო ლიცენზიის გაცემასთან დაკავშირებით გადაწყვეტილებას იღებს საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროსთან არსებული სავალდებულო ლიცენზიის გაცემასთან დაკავშირებით გადაწყვეტილების მიმღები მუდმივმოქმედი საბჭო (შემდგომ – მუდმივმოქმედი საბჭო). მისი შემადგენლობა განი-

საზღვრება საქართველოს მთავრობის დადგენილებით“ აღნიშნული დადგენილების თანახმად: საბჭოს შემადგენლობაში შედიან: ა) საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების მინისტრი (საბჭოს თავმჯდომარე); ბ) საქართველოს თავდაცვის მინისტრი; გ) საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის მინისტრი; დ) საქართველოს მთავრობის ადმინისტრაციის უფროსის მოადგილე; ე) საქართველოს შინაგან საქმეთა მინისტრის პირველი მოადგილე/მინისტრის მოადგილე; ვ) საქართველოს ოკუპირებული ტერიტორიებიდან დევნილთა, შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის პირველი მოადგილე; ზ) საქართველოს ფინანსთა მინისტრის მოადგილე თ) სსიპ საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრის – „საქპატენტის“ თავმჯდომარე. საბჭოს ხელმძღვანელობს თავმჯდომარე, ხოლო მისი არყოფნის შემთხვევაში – თავმჯდომარის მიერ განსაზღვრული საბჭოს ერთ-ერთი წევრი.

საბჭოს სამდივნოს უფლებამოსილებას ახორციელებს სსიპ საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი – „საქპატენტი“. დადგენილების შესაბამისად, საბჭოს სამდივნო უზრუნველყოფს საბჭოს ორგანიზაციულ მხარდაჭერას, ადმინისტრირებას უწევს საბჭოს საქმიანობას, ამზადებს საბჭოს სხდომის ოქმებსა და სამუშაო დოკუმენტებს, უზაფანის მათ საბჭოს წევრებს, შესაბამის დაინტერესებულ პირებსა და უწყებებს.

აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერი ფიზიკური ან იურიდიული პირი ან სახელმწიფო უწყება უფლებამოსილია, მიმართოს საბჭოს სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის/მიღების მოთხოვნით. სავალდებულო ლიცენზია არაექსკლუზიურია და შესაძლებელია,

გაიცეს ერთდროულად ერთ ან რამდენიმე ფიზიკურ ან იურიდიულ პირზე და/ან, შესაბამის შემთხვევებში, სახელმწიფო უწყებაზე.

განცხადება სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის მოთხოვნით წარედგინება სსიპ საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ ცენტრს – „საქპატენტს“ წერილობითი ფორმით, რომელიც უნდა შეიცავდეს:

- განმცხადებლის სახელს/სახელწოდებას, მისამართს;
- პატენტის ნომერს (იმ შემთხვევაში, თუ იგი ცნობილია);
- უფლების მფლობელის/პატენტმფლობელის სახელს/სახელწოდებას;
- დასაბუთებას იმის თაობაზე, თუ რატომ უნდა გაიცეს სავალდებულო ლიცენზია;

სავალდებულო ლიცენზიის გაცემა შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სავალდებულო ლიცენზიის სავარაუდო მიმღები წარუმატებლად ეცადა, გონივრულ ვადაში, მისაღები კომერციული პირობებით მიეღო ლიცენზია პატენტის მფლობელისაგან ან მისი უფლებამონაცვლისაგან (საქართველოს საპატენტო კანონის 52¹ მუხლის მე-11 პუნქტის შესაბამისად). აღსანიშნავია, რომ ნორმის ამ დანაწესით გათვალისწინებული დოკუმენტაციის წარდგენა სავალდებულო არ იქნება თუ სახეზეა **გადაუდებელი აუცილებლობის შემთხვევა**, რის შესახებაც პატენტის მფლობელს დაუყოვნებლივ უნდა ეცნობოს.

სავალდებულო ლიცენზია შესაძლებელია გაიცეს ორ შემთხვევაში თუ:

- აუცილებელია პატენტის გამოყენება სტიქიური უბედურების, კატასტროფის, ეპიდემიის, თავდაცვის, საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დაცვის დროს;

- პატენტით დაცული გამოგონების ან/და სასარგებლო მოდელის გამოყენება შეუძლებელია სხვა, უფრო ადრინდელ პატენტზე პატენტის მფლობელის ან მისი უფლებამონაცვლის განსაკუთრებული უფლებების დაურღვევლად.

პირველ შემთხვევაში სავალდებულო ლიცენზიის გაცემა შეიძლება მოითხოვოს სახელმწიფო ორგანომ, თუ დაასაბუთებს შესაბამისი საფუძვლის არსებობას ხოლო **მეორე შემთხვევაში**, სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის თაობაზე განცხადება უნდა შეიცავდეს იმის დასაბუთებას, რომ გამოგონება ან სასარგებლო მოდელი არის მნიშვნელოვანი ტექნიკური გადაწყვეტა, რომელიც არსებითად დამოკიდებულია ადრინდელი პატენტით დაცულ გამოგონებაზე ან სასარგებლო მოდელზე და რომელსაც აქვს საზოგადოებისათვის არსებითი ეკონომიკური უპირატესობები ადრინდელი პატენტით დაცულ გამოგონებასთან ან სასარგებლო მოდელთან შედარებით. ამასთანავე, სავალდებულო ლიცენზირების **მეორე შემთხვევაში** სავალდებულო ლიცენზიის მიმღები შესაბამისი გამოგონების ან სასარგებლო მოდელის პატენტით დაცვის შემთხვევაში ვალდებულია გაიცეს კერძო ლიცენზია იმ პატენტის მფლობელზე, რომლის პატენტის გამოსაყენებლადაც გაიცა სავალდებულო ლიცენზია.

მთავრობის #586-ე დადგენილებაში განსაზღვრულია **სავალდებულო ლიცენზირების პროცედურა**, რომელიც გულისხმობს, რომ სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის მოთხოვნით განაცხადის მიღების შესახებ ინფორმაციის მიღებიდან ერთი თვის განმავლობაში უფლების მფლობელი უფლებამოსილია, საბჭოს წერილობითი ფორმით წარუდგინოს მისი მოსაზრება განცხადებასთან დაკავშირებით. საბჭო

უფლებამოსილია, ზეპირ მოსმენაზე მიიწვიოს განმცხადებელი და მოსაზრების წარმდგენი პირი, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში – შესაბამისი დარგის სპეციალისტი.

აღსანიშნავია, რომ სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილებას საბჭო იღებს განაცხადის შეტანიდან ორი თვის განმავლობაში, თუმცა გადაუდებელი აუცილებლობის დროს საბჭო სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილებას იღებს დაუყოვნებლივ. საბჭო გადაწყვეტილებას იღებს წერილობითი ფორმით, ხმათა უმრავლესობით. ხოლო, საბჭოს გადაწყვეტილება მიღებულად ჩაითვლება, სულ მცირე, საბჭოს წევრთა 2/3-ის მონაწილეობის შემთხვევაში. ამასთანავე, მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ თუ საბჭოს რომელიმე წევრი სახელმწიფო უწყებას მიმართავს საბჭოს სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის მოთხოვნით, იგი არ მიიღებს მონაწილეობას საბჭოს მიერ გადაწყვეტილების მიღებაში. შესაბამისად, საბჭოს გადაწყვეტილებით, მის ადგილს საბჭოს შემადგენლობაში დაიკავებს სხვა სახელმწიფო უწყება. საბჭოს გადაწყვეტილება სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის შესახებ უნდა შეიცავდეს:

- პატენტის ნომერს, რომელზეც გაიცა სავალდებულო ლიცენზია;
- სავალდებულო ლიცენზიის ფარგლებსა და მოქმედების ვადას;
- სავალდებულო ლიცენზიის მიმღების (ბენეფიციარების) შესახებ ინფორმაციას;
- სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის საფუძვლებს;
- ფულადი კომპენსაციის ოდენობას, რომელიც სავალდებულო ლიცენზიის მიმღებმა უნდა გადაუ-

ხადოს უფლების მფლობელს.

მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ საპატენტო კანონის შესაბამისად, სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის შემთხვევაში პატენტის მფლობელს ეძლევა შესაბამისი კომპენსაცია მისაღები კომერციული პირობებით, ამასთანავე, დადგენილებით ეს თანხა მყარად განსაზღვრული არ არის და საბჭო, უფლების მფლობელის მოთხოვნის შესაბამისად, უფლებამოსილია, სავალდებულო ლიცენზიის გაცემის შემდგომ, წელიწადში ერთხელ, გადახედოს გაცემული კომპენსაციის ოდენობას. ამასთანავე, საბჭოს გადაწყვეტილება შესაბამისი კომპენსაციის გაცემის შესახებ შესაძლებელია გასაჩივრდეს სასამართლოში.

როდესაც ვსაუბრობთ კომპენსაციის ოდენობაზე, მნიშვნელოვანია გაიმიჯნოს ორი სამართლებრივი მოცემულობა: 1. კომპენსაცია გაცემული სავალდებულო ლიცენზირებასთან დაკავშირებით, როდესაც კომპენსაციას იხდიან იმიტომ, რომ პატენტის მფლობელს არ უნდა კონკრეტულმა პირმა ან პირთა ჯგუფმა გამოიყენოს მისი პატენტი ანუ ლიცენზირება ხდება მისი ნების საწინააღმდეგოდ. 2. პატენტის ძალის შენარჩუნების წლიური საფასური.

პირველი შემთხვევა ცალსახად ეხება იმ გარემოებას, როდესაც მართალია პატენტმფლობელს ეძლევა კომპენსაცია, თუმცა ვფიქრობთ, რომ ამ ნაწილში მისი ქონებრივი უფლებები გარკვეულწილად შელახულია, რადგან გაცემული კომპენსაცია შესაძლოა ბევრად მცირე იყოს, ვიდრე ის ფინანსური სარგებელი, რასაც ის მიიღებდა ნებაყოფლობითი ლიცენზირების შემთხვევაში, რაც შეეხება საპატენტო გადასახადს, ის დაკავშირებულია პატენტის ძალაში დატოვებასა და შენარჩუნებასთან, ამასთანავე, ამ თვალსაზრისით მიგვაჩნია, რომ მნიშვნელობა არ

უნდა ჰქონდეს ლიცენზირება სავალდებულოა თუ ნებაყოფლობითი, რადგან აღნიშნული საპატენტო გადასახადი ყველა შემთხვევაში გადასახდელია.

დასკვნა

არსებული საერთაშორისო პრაქტიკის შესაბამისად, ლიცენზია, რომელსაც გასცემს პატენტმფლობელი, ითვლება ნებაყოფლობით ლიცენზიად ხელშეკრულების თავისუფლების პრინციპიდან გამომდინარე, რადგან მოიაზრება, რომ პატენტმფლობელი თავად ირჩევს ხელშეკრულ მხარეს და წერილობით აფორმებს მასთან სალიცენზიო ხელშეკრულებას, თუმცა, როგორც ზემოთ აღინიშნა, საერთაშორისო და ეროვნული კანონმდებლობით გათვალისწინებულია სავალდებულო ლიცენზირების შემთხვევები და ეს ცალსახად დაკავშირებულია პატენტმფლობელის ნების უფლებეყოფასთან, მხოლოდ კანონით განსაზღვრული შემთხვევების არსებობისას.

ვფიქრობთ, საქართველოს საპატენტო კანონმდებლობაში განხორციელებული ცვლილებები სა-

ვალდებულო ლიცენზირებასთან მიმართებით, დადებით გავლენას იქონიებს, როგორც პატენტის მფლობელის უფლებებზე, ასევე საზოგადოებრივ ინტერესებზე. აღნიშნული მოახდენს პატენტის მფლობელსა და საზოგადოებრივი ინტერესიდან გამომდინარე, სხვა პირს შორის უფლებების დაბალანსებას და გონივრულ ფარგლებში იმ მონოპოლიის შეზღუდვას, რაც კანონმდებლობით პატენტის მფლობელს აქვს მინიჭებული.

რაც შეეხება სავალდებულო ლიცენზირებისთვის გაცემი კომპენსაციის ოდენობას ან ამ კუთხით სასამართლოში წარმოებული დავების შინაარსს, ეს უფრო მომავალში დასადგენი პრაქტიკის სფეროს განეკუთვნება და ამ ეტაპზე რაიმე სახის სამართლებრივი დასკვნის და პროგნოზის გაკეთება ნაადრევია, თუმცა მნიშვნელოვანია, რომ პატენტმფლობელის ქონებრივი უფლებების კუთხით დაცული იყოს პროცესუალური გარანტიების (გასაჩივრების მექანიზმი) და თანაბარზომიერი კომპენსაციის გაცემის საკითხი.

ლიტერატურა

1. Constitution of Georgia <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/30346?publication=36> (In Georgian);
2. Association Agreement between Georgia, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community, and their Member States, on the other. (In Georgian); <https://matsne.gov.ge/document/view/2496959?publication=0>
3. Paris Convention for the Protection of Industrial Property (1883) (In Georgian); <http://www.sakpatenti.gov.ge/ka/page/39/>
4. Patent Cooperation Agreement (PCT) (1970) <http://www.sakpatenti.gov.ge/ka/page/39> (In Georgian);
5. Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS) (1994) (In Georgian); <http://www.sakpatenti.gov.ge/ka/page/39/>
6. Patent Law of Georgia <https://matsne.gov.ge/document/view/11470?publication=7> (In Georgian);
7. Resolution # 586 of the Government of Georgia of September 17, 2020 (In Georgian); <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4995577?publication=0>

8. General Course in Intellectual Law. Author and compiler WIPO / SAKPATENTI, Module 7 "Patents" (In Georgian);
 9. General Course in Intellectual Law. Author and Compiler WIPO / SAKPATENTI, Module 1. (In Georgian);
 10. Introduction to Intellectual Property 2020. D. Gabunia (ed.) "Intellectual Property", Sakpatenti. Tb. 2001 (In Georgian);
 11. D. Dzamukashvili, "Industrial Property: Invention, Utility Model, Industrial Design." Tbilisi, 1997. (In Georgian);
 12. D. Dzamukashvili, Intellectual Rights Law, Tbilisi, 2012. (In Georgian);
 13. A. Eide, K. Krause, A. Rossi (ed.) Economic, social and cultural rights, with the financial support of the Swedish International Development Agency. (In Georgian);
 14. Guy Tretton "Intellectual Property in Europe" - London, 2002 (In English);
 15. Donald S. Chisum, Craig allen Nard, Herbert F.Schwartz, Pauline Newman, F.Scott Kieff. "Principles of Patent Law" New York, Foundation Press, 1998. (In English);
 16. Nuno Pires de Carvalho "The TRIPS Regime of Antitrust and Undisclosed Information". 2008. The Netherlands. (published by Kluwer Law International) (In English);
 17. <http://www.sakpatenti.gov.ge/ka/page/18/> (In Georgian);
 18. https://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/public_health_faq_e.htm (In English);
 19. <https://medicinespatentpool.org/> (In English).
-

UDC 347.77

SCOPUS CODE 3308

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-245-258>

Aspects of Compulsory Licensing in Patent Law

Miranda Gurgenzidze Private Law Department, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: mirgurgenzidze@gmail.com

Tamaz Urtmelidze Private Law Department, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77 M. Kostava str.
E-mail: t.urtmelidze@gmail.com

Reviewers:

I. Gabisonia, Doctor of Law, Faculty of Law and International Relations, GTU
E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

A. Mosulishvili, Doctor of Law, Associate Professor, Grigol Robakidze University
E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

Abstract. This issue is not new in international patent law. However, this institution was abolished in the Georgian legislation in 2010-2017 and its re-formulation has become active after it was put in the agenda in accordance with the provisions of Chapter IV (Intellectual Property Rights) of Chapter 4 (Intellectual Property

Rights) between Georgia and the European Union and the European Union and their Member States. The necessity of fulfilling the undertaken liabilities and to bring the Georgian legislation in line with the above-mentioned agreement, as well as the aspects related to the intellectual property rights trade (TRIPS) and the EU legislation.

The presented scientific article *Aspects of Compulsory Licensing in Patent Law* concerns with a topical issue such as mandatory licensing of a patented invention and / or utility model within the territory of Georgia without the permission of patent owner, which combines the principles of compulsory licensing, as well as the mentioned licensing procedures and procedure for issuing the compensation to the patent holder.

The authors have studied the issues of compulsory licensing in Georgian patent law in this article, as well as the international agreements related to the issue of compulsory licensing themes.

The introduction reviews the exclusive rights of the patent holder and the grounds for restricting those rights.

The first chapter provides a legal analysis of the international agreements where we find the regulatory norms for involuntary / compulsory licensing of patents.

The authors discuss the issues of compulsory licensing in the Georgian patent system in the second chapter. This problem is very relevant, interesting and innovative from the legal point of view, because with the issue of compulsory licensing, the rule of granting compensation to the patent owner is activated, which in itself is related to his property rights, and finally the main directions of the compulsory license that we find in the international patent and national system are reconciled and summarized.

Key words: compulsory licensing; compensation in compulsory licensing; patent Law.

UDC 347.77

SCOPUS CODE 3308

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1-245-258>

Аспекты обязательного лицензирования в патентном законе

Миранда Гургенидзе Департамент частного права, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: mirgurgeniidze@gmail.com

Тамаз Уртмелидзе Департамент частного права, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: t.urtmelidze@gmail.com

Рецензенты:

И. Габисония, доктор юридических наук, факультет права и международных отношений ГТУ
E-mail: irakli.gabisonia@mail.ru

А. Мосулишвили, доктор юридических наук, ассоциированный профессор университета Григола Робакидзе
E-mail: a.mosulishvili@gruni.edu.ge

Аннотация. Представленная научная статья «Аспекты обязательного лицензирования в патентном законе» посвящена такому актуальному вопросу, как обязательное лицензирование использования защищен-

ного патентом изобретения и/или полезной модели в пределах территории Грузии без разрешения владельца патента, которое сочетает в себе как фундаментальные принципы обязательного лицензирования, так и процедуры указанного лицензирования, и порядок выплаты компенсации владельцу патента.

Этот вопрос не является новым в международном патентном праве, однако, этот институт был упразднен в грузинском законодательстве в 2010-2017 годах, а его формирование в новой форме активизировалось после того, как на повестку дня была поставлена необходимость выполнения взятых на себя обязательств в соответствии с положениями главы 9 раздела IV (Права интеллектуальной собственности) Ассоциированного соглашения между Грузией и Сообществом по атомной энергии Евросоюза и Европы, и их государствами-членами. Необходимо выполнение взятых на себя обязательств и приведение законодательства Грузии в соответствие с вышеупомянутым Соглашением, а также с соглашением по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (TRIPS) и законодательством ЕС.

В данной статье авторами были изучены вопросы обязательного лицензирования в грузинском патентном праве, а также рассмотрены международные договоры, касающиеся тематики обязательного лицензирования.

Статья состоит из введения, двух глав и заключения. Во введении рассматриваются особые права владельца патента и основания для ограничения этих прав.

В первой части представлен правовой анализ международных договоров, в которых встречаются регулирующие нормы недобровольного/принудительного лицензирования патентов.

Во второй части авторы обсуждают непосредственно вопросы действующего обязательного лицензирования в патентной системе Грузии. Эта проблема очень актуальная, интересная и новаторская с юридической точки зрения, потому что наряду с вопросом об обязательном лицензировании активизируется порядок выдачи компенсации владельцу патента, что само по себе связано с его имущественными правами, и, наконец в заключении согласовываются и резюмируются основные направления обязательной лицензии, с которыми мы сталкиваемся в международной патентной и национальной системе.

Ключевые слова: компенсация при обязательном лицензировании; обязательное лицензирование; патентное право.

განხილვის თარიღი 15.01.2020

შემოსვლის თარიღი 26.01.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

გვასალია ბ. 55, 75	ქვარაია ი. 220, 232
გიორგობიანი ლ. 220, 232	ღვინეფაძე გ. 40
გურგენიძე მ. 245	შავიშვილი თ. 40
კუპრავეშვილი მ. 148, 158	ცუცქირიძე ნ. 28
მარდაშოვა მ. 202	ძამამია თ. 202
მომცელიძე ნ. 202	ჭუმბურიძე გ. 11
ომსარაშვილი გ. 136	ჯღამაძე ა. 166, 175
სუთიძე ლ. 20	Alimbarashvili Z. 98
ურთმელიძე თ. 245	Dadunashvili S. 106, 119
ფოფორაძე ნ. 185, 192	Tavdishvili O. 98

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

აბრამიძე ე. 75	ოდილავაძე თ. 158
ავალიანი ხ. 192, 202	ოდიშარია კ. 75
ბლუაშვილი დ. 185	ოსაძე მ. 20
გაბისონია ი. 245	ჟღენტი რ. 220, 232
ვარაზაშვილი ზ. 136	სანიკიძე ზ. 28
ზაუტაშვილი ნ. 166, 175	სესკურია ო. 185
კაიშაური თ. 28	ტაბატაძე დ. 220, 232
კაკულია ზ. 192, 202	ქაროსანიძე ლ. 20
კეკელიძე ვ. 40	ღლიღვაშვილი, ვ. 11
კერესელიძე დ. 148, 158	ჩაჩანიძე გ. 40
კუბლაშვილი მ. 55	ჭკუასელი ა. 11
ლომინაძე ნ. 55	Chkhaidze M. 98
მარდაშოვა მ. 136, 166, 175	Dgebuaдзе G. 106, 119
მოსულიშვილი ა. 245	Kamkamidze K. 106, 119
ნატროშვილი გ. 148	Sulaberidze T. 98

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 სახლში პუბლიკაციისათვის მოგვარდოს ან ელექტრონული ფოსტით sagamomcemlosakhli@yahoo.com მისამართზე გამოგვიგზავნოს ერთი ან რამდენიმე სტატია, აგრეთვე თანდართული დოკუმენტაციის დასკანერებული ფაილები, მაგრამ კრებულის ერთ ნომერში გამოქვეყნდება მხოლოდ ორი ნამუშევარი.

ელ. ფოსტით სტატიის გამოგზავნის შემთხვევაში გთხოვთ გაითვალისწინოთ შემდეგი მოთხოვნები:

- Subject ველში (თემა) მიუთითეთ კრებულის დასახელება და ავტორის (ავტორების) გვარი.
- გამოიყენეთ ფაილის მიმაგრება (Attach).
- დიდი მოცულობის ფაილის შემთხვევაში გამოიყენეთ არქივატორი (ZIP, RAR).

• სტატია შედგენილი უნდა იყოს მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტები პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

• ვინაიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების კრებული არის არაკომერციული გამოცემა, ჩვენი მეცნიერი თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

• საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს № 200 დადგენილებით (22.01.2010წ.), ფიზიკურმა პირმა, რომელიც არ არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელი, შრომების კრებულში სტატიის გამოქვეყნებისთვის წინასწარ უნდა შეიტანოს ან გადმორიცხოს საჭირო თანხა (1 გვერდი – 10 ლარი) და სტატიის დოკუმენტაციას (ორი რეცენზია და ორგანიზაციის სამეცნიერო საბჭოს მიმართვა სტატიის სტუ-ის შრომების კრებულში გამოქვეყნების შესახებ) დაურთოს გადახდის ქვითარი. გრაფაში „გადახდის დანიშნულება“ უნდა ჩაიწეროს „სტატიის გამოქვეყნების ღირებულება“.

სტუ-ის საბანკო რეკვიზიტებია: სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192; მიმღების ბანკი: სახელმწიფო ხაზინა; მიმღების დასახელება: ხაზინის ერთიანი ანგარიში; ბანკის კოდი: TRESGE22; მიმღების ანგარიში: სახაზინო კოდი 708977259.

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს ნაბეჭდი სახით A4 ფორმატის ფურცელზე, არანაკლებ 5 გვერდისა (არეები – 2 სმ, ინტერვალი – 1,5).

- სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc ან docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი – ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;
-
- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი Sylfaen, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტებისთვის – შრიფტი Times New Roman, ზომა 12;

სტატიას უნდა ერთვოდეს შემდეგი ინფორმაცია:

- უაკ (უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაცია) კოდი.
- ცნობები ავტორის (ავტორების) და რეცენზენტების შესახებ ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე:
 - ყველა ავტორის სახელი და გვარი სრულად, E-mail-ი, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონი;
 - დეპარტამენტის დასახელება. ორგანიზაციის სრული სახელწოდება – ყოველი ავტორის მუშაობის ადგილი, ქვეყანა, ქალაქი.
 - რეცენზენტთა გვარები და სახელები სრულად, ელექტრონული ფოსტის მისამართი, სამეცნიერო წოდება, დეპარტამენტის ან სამუშაო ადგილის დასახელება.

სტატია უნდა შეიცავდეს:

- ანოტაციას ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (100–150 სიტყვა). *უცხოელი მკითხველისათვის ანოტაცია არის სტატიის შინაარსისა და მასში გადმოცემული კვლევის შედეგების შესახებ ინფორმაციის ერთადერთი წყარო. სწორედ იგი განსაზღვრავს ინტერესს მეცნიერის ნაშრომის მიმართ და, მაშასადამე, სურვილს, დაიწყოს დისკუსია ავტორთან, გამოითხოვოს სტატიის სრული ტექსტი და ა.შ.*

ანოტაცია უნდა იყოს:

- ინფორმაციული (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს);
- ტექსტი ინგლისურ და რუსულ ენებზე უნდა იყოს ორიგინალური;
- უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს;
- სტრუქტურირებული (მიჰყვებოდეს სტატიაში შედეგების აღწერის ლოგიკას).

უნდა შეიცავდეს:

- სტატიის საგანს, თემას, მიზანს (რომლებსაც უთითებთ იმ შემთხვევაში, თუ ეს არ არის ცხადი სტატიის სათაურიდან);
- კვლევის ჩატარების მეთოდს ან მეთოდოლოგიას (სამუშაოს ჩატარების მეთოდის ან მეთოდოლოგიის აღწერა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, თუ იგი გამოირჩევა სიახლით, საინტერესოა მოცემული ნაშრომის თვალსაზრისით);
- კვლევის შედეგებს;
- შედეგების გამოყენების არეალს;
- დასკვნას;

- საკვანძო სიტყვებს, დალაგებულს ანბანის მიხედვით (ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე);
- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილ შესავალს, ძირითად ნაწილს და დასკვნას;
- სურათების ან ფოტოების კომპიუტერულ ვარიანტს, შესრულებულს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით, გარჩევადობა – არანაკლებ 150 dpi-სა.
- ლიტერატურა
 - საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით, გამოყენებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს არანაკლებ ათისა.

წარმოდგენთ გამოსაქვეყნებელ სტატიაში გამოყენებული ლიტერატურის გაფორმების წესს:

ყველა ავტორის გვარი და ინიციალები მოცემული უნდა იყოს ლათინური ანბანის ასოებით, ე.ი. ტრანსლიტერაციით, სტატიის სახელწოდება – თარგმნილი ინგლისურად, წყაროს (ჟურნალის, შრომების კრებულის, კონფერენციის მასალების) სახელწოდება – ტრანსლიტერაციით; გამოსასვლელი მონაცემები – ინგლისურ ენაზე (სტატიის ენა მიეთითება ფრჩხილებში).

ლიტერატურა (ნიმუში)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის:

- ორი რეცენზია (იხ. ნიმუში)

http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx

- ფაკულტეტის საგამომცემლო საქმის დარგობრივი კომისიის ოქმის ამონაწერი

(იხ. ნიმუში) http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx

დოკუმენტები დამოწმებული უნდა იყოს ფაკულტეტის ბეჭდით.

ავტორს შეუძლია ნიმუშად გამოიყენოს კრებულის ერთ-ერთი ბოლო ნომერი.

აქტის ნიმუში

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის _____ ფაკულტეტის

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის _____ დარგობრივი კომისიის

აქტი № _____

„_____”

სხდომას ესწრებოდნენ:

დარგობრივი კომისიის წევრები:

(მიუთითეთ კომისიის შემადგენლობა) _____

განსახილველი სტატიის ავტორი/ავტორები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

3. _____

რეცენზენტები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

დარგის მოწვეული სპეციალისტები:

1. ნაშრომის განხილვა

2. (მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიის მიერ გამოყოფილია რეცენზენტები:

1. _____

2.

2. ნაშრომის საჯარო განხილვა

1. მოისმინეს: ავტორის/ავტორების *(მიუთითეთ)* ინფორმაცია განსახილველად წარმოდგენილი სტატიის შესახებ.

ნაშრომის ანოტაცია

3. მოისმინეს: რეცენზენტის/რეცენზენტების *(მიუთითეთ)* არგუმენტირებული შეფასება სტატიის აქტუალურობის, სიახლის და გამოცემის მიზანშეწონილობის შესახებ.

4. მოისმინეს: ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის დასკვნა-რეკომენდაცია *(მიუთითეთ მომხსენებლის ვინაობა)* სტატიის გამოცემის შესახებ.

აზრი გამოთქვას:

დაადგინეს:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტის

(მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივ კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

რეკომენდაციას უწევს სტატიის გამოქვეყნებას სტუ-ის შრომათა კრებულში.

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარე

კომისიის მდივანი

კომისიის წევრები:

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარის

ხელმოწერის სინამდვილეს ვადასტურებ

ფაკულტეტის დეკანი

(ხელმოწერა)

რეცენზიის ნიმუში

1. ნაშრომის დასახელება სრულად

2. ავტორის/ავტორების სამეცნიერო წოდება, სამუშაო ადგილი, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა

3. ნაშრომში დასმული ამოცანის მოკლე მიმოხილვა

4. გამოსაქვეყნებლად მომზადებული ნაშრომის აქტუალურობა

5. ძირითადი ასპექტები, რომლებიც განხილულია ავტორის მიერ

6. რეკომენდაცია ნაშრომის გამოქვეყნებისათვის (იმ შემთხვევაში თუ სარეცენზიო ნაშრომი სამეცნიერო სტატიაა, აუცილებელია სამეცნიერო ჟურნალის დასახელების მითითება)

7. რეცენზენტის გვარი და სახელი სრულად, სამუშაო ადგილი, სამეცნიერო წოდება, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა (სტატიის რეცენზირების შემთხვევაში რეცენზენტის მონაცემები გამოქვეყნებული იქნება სტატიასთან ერთად)

Guidelines for Authors

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

- An article (accepted in Georgian, English or Russian) is published in the original language;
- The number of authors of an article should not exceed three;
- Authors should submit original copies of one or more articles for publication to the publishing house or send scan versions to sagamomcemlosakhli@yahoo.com along with supporting documentation, but only two articles from the same author(s) will be published in one edition;

To submit scan versions via email please follow the instructions:

- *In the Subject line indicate the collection of works and the name(s) of author(s).*
- *Attach the file(s) properly;*
- *Use ZIP or RAR file compressors in case of large files to attach.*

- The article should be literal, well-structured and apply proper terminology to convey the author's constructive arguments relevant to the subject. The authors and reviewers are responsible for the content and quality of an article;
- The collection of works of GTU is a non-commercial publication and running the articles of our researchers and for PhD students is free of charge;
- According to the Resolution No.200 of GTU Academic Council (22.01.2010), authors who are not the employees at the University, should make the preliminary payment by cash or transfer to have their paper published (10 GEL per page). Copy of the payment receipt should be enclosed with the supporting documentation (two reviews and a reference by the organization's academic board on publishing the article in GTU collection of scientific papers). "Cost of article publication" shall appear as subject in the "purpose of payment" field.

GTU bank details: LEPL Georgian Technical University; organization's identification number 211349192; beneficiary bank: State Treasury; beneficiary: joint treasury account; bank code: TRESGE22; Account number: treasury code 708977259.

How to form an academic article:

- The text should be presented in print-out form (A4), no less than 5 pages (margins - 2 cm, line spacing - 1,5);
- Only MS Word versions of texts are accepted (doc or docx) presented electronically on any magnetic carrier;
- For Georgian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt;
- For English and Russian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt.

The accompanying information to the article should include:

- Universal Decimal Classification (UDC)
- Information about the author(s) and reviewers in Georgian, English and Russian:
 - Full name, academic title, email and phone number of each author;
 - Department, full name of organization – place of employment of each author, area/town, country;
 - Full name, email, academic title, department or place of employment of each reviewer.

The article should include:

- An abstract in Georgian, English and Russian (100-150 words long). *For foreign readers an abstract is the only source of information about the content of an article and results of the research conveyed by it. An abstract therefore defines the reader's interest towards the article and possibility of further outreach to the author for the full text, etc.*

An abstract should be:

- *Informative (free of generalized terms and statements);*
- *Original (with quality translations in English and Russian with the proper application of terminology);*
- *Specific (conveying the core content of an article);*
- *Properly structured (consistent with the research results given in the article).*

An abstract should contain:

- *The subject, topic and objective of an article (indicated in case if these are not clear from the title);*
- *Method or methodology of research performed (expected to be described when and if this method or methodology are new and interesting with reference to the article);*
- *Research results;*
- *Area of application of research results;*
- *Conclusion.*

- Key words sorted by alphabet (Georgian, English and Russian);
- Sections should be outlined Introduction, Main Part and Conclusion;
- Digital version of drawings or images in any graphic format, resolution 150 dpi;
- Reference
 - By the recommendations of Databases of International Scientific Journals the number of references should be no less than ten.

How to form the reference section in the article:

Name and surname of each author should be given in Latin letter initials, title of the articles – translated in English, name of the source (journal, collection of works, conference materials) – with transliteration (original language of the article should be indicated in brackets).

References (sample)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian).
5. Svanidze G.G., Gagua V.P., Sukhishvili E.V. “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Requirements for the submission of articles by the employees and for PhD students of Georgian Technical University:

- Two reviews (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- Minutes of the sectoral committee of the faculty publishing (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
Documents should be verified with the faculty stamp.

Notice to Authors

Authors may consider one of the previous editions of GTU Collection of Academic Works as an example

К сведению авторов

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

- Статьи (принимаются на грузинском, английском, русском языках) публикуются на языке оригинала.
- Количество авторов статьи не должно превышать 3.
- Автор может предоставлять для публикации в Издательском доме или по электронной почте (на следующий адрес: sagamomcemlosakhli@yahoo.com) одну или несколько статей, а также в сканированных файлах сопутствующую документацию, но в одном номере могут быть опубликованы только две работы.

- ***В случае статей, присылаемых по эл. почте, просьба предусмотреть следующие требования:***

- указать в эл. Subject-е название сборника (тема) и фамилию автора (авторов);

- использовать Attach (приложить файл);

- в случае большого объема файла применить архиватор (ZIP, RAR).

- Статья должна быть составлена грамотно, с соблюдением терминологии. Автор (авторы) и рецензенты несут ответственность за содержание и качество статьи.

- Поскольку сборник трудов Грузинского технического университета является некоммерческим изданием, для сотрудников статьи публикуются бесплатно.

- Согласно постановлению академического совета №200 (22.01.2010 г.), физическое лицо, не являющееся сотрудником университета, для публикации статьи в сборнике трудов должно заранее внести или перечислить необходимую сумму (1 страница стоит 10 лари) за статью и соответствующую документацию (две рецензии и направление научного совета организации о публикации статьи в сборнике трудов ГТУ), приложив справку об оплате. В графе «Назначение оплаты» следует записать «стоимость публикации статьи».

Банковские реквизиты ГТУ: Юридическое лицо публичного права (ЮЛПП); Грузинский технический университет; идентификационный код 211349192; банк приема; государственная казна; название получателя: единый счет казны; код банка: TRESGE22; счет получателя: код казны 708977259.

Предлагаем порядок оформления научной статьи:

- статья должна быть представлена в напечатанном виде на странице формата А4, содержать не меньше 5 страниц (поля – 2 см, интервал – 1,5);

- статья должна быть выполнена в виде файла doc или docx (MS Word) и записана на любом магнитном носителе;
- для грузинского текста применять шрифт Sylfaen, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Sylfaen, размер 12;

Статья должна сопровождаться следующей информацией:

- код УДК (Универсальная десятичная классификация).

Сведения об авторе (авторах) на грузинском, английском и русском языках:

- полностью имя и фамилия автора (авторов), E-mail, научная степень и контактный телефон;
- название департамента, полное название организации – место работы каждого автора – страна, город;
- полностью фамилии и имена рецензентов, адрес электронной почты, научное звание, название департамента или места работы.

К статье должны прилагаться:

- Аннотация на грузинском, английском и русском языках (100-150 слов). *Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о результатах исследований, приведенных в содержании статьи. Именно это определяет интерес ученого к работе и, соответственно, желание начать дискуссию с автором, познакомиться с полным текстом статьи и т.д.*

Аннотация должна быть:

- *информационной (не должна содержать общих слов и фраз);*
- *оригинальной (перевод на английском и грузинском языках должен быть качественный, при переводе следует использовать специальную терминологию);*
- *содержательной (должна отражать основное содержание статьи и результаты исследования);*
- *структурированной (следовать в статье логике описания результатов).*

Должна содержать:

- *предмет статьи, тему, цель (которые указывают в том случае, если это не ясно из заглавия статьи);*
- *метод или методологию проведенного исследования (описание метода или методологии проведенной работы целесообразно в том случае, если они выделяются новизной, интересны с точки зрения данной работы);*
- *результаты исследования;*
- *ареал использования результатов;*
- *выводы;*

- ключевые слова, расположенные по алфавиту (на грузинском, английском и русском языках);
- в статье должны быть выделены подзаголовки: введение, основная часть и заключение (выводы);
- компьютерные варианты чертежей или фотографий должны быть выполнены в любом графическом

- формате, разрешением – не менее 150 dpi.
- Литература

По рекомендации базы данных международных научных журналов, число использованной литературы желательно должно быть не меньше 10.

Представляем порядок оформления в публикуемой статье использованной литературы:

Фамилия и инициалы всех авторов должны быть выполнены буквами латинского алфавита, т.е. транслитерацией; название статьи с переводом на английский язык; название источников (журнала, сборника трудов, материалов конференции) – транслитерацией (язык статьи указан в скобках).

Литература (Образец)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqniki Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Для представления статьи должен быть приложен перечень необходимых документов для сотрудников и докторантов Грузинского технического университета:

- две рецензии (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- выписка из протокола отраслевой комиссии по издательскому делу факультета (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
документы должны быть удостоверены печатью факультета.

Автор может использовать в качестве образца один из последних номеров издания.

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-1>

რედაქტორები: მ. ბაზაძე, ა. ეგოროვი
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 18.01.2021. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.03.2021. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 17.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent