

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ყოველკვარტალური გამოცემა
QUARTERLY PUBLICATION
ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ

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

Certificate
ICI Journals master Lists

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

ურობები
WORKS
ТРУДЫ

N4(518)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2020

დასრულებულია 1924 წელს.
პერიოდულობა - 4 ნომერი წელიწადში.

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

ყვედა უფდება დაწყდება. ამ კრებულში გამოქვეყნებული ნებისმიერი სტატიის (ჟეიქსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არც ერთი ფონდითა და საშუალებით (ელექტრონული 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“ გუნდრფედი 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
ო. გორგიძე

სარედაქციო კოლეგია:

- ა. აბშიღვა, პ. აბრეხცი (გერმანია), ნ. ბალათურია,
- ბ. ბიბიდიშვიდი, პ. ბიედივი (სლოვაკეთი), ვ. ბურკოვი (რუსეთი), მ. ბურჯანაძე, ი. გაბისონია, გ. გავრდაშვიდი,
- ჯ. გახვიაძე, თ. გედაშვიდი, ზ. გვიშიანი, ბ. გუსევი (რუსეთი), დ. დბინისი (პოლონეთი), პ. ბუნკედი (ავსტრია),
- გ. თავაძე, დ. თავხელიძე, დ. ივანოვი (რუსეთი), ნ. იმნაძე,
- ს. კაბელიძე (უზბეკეთი), ზ. კაკულია, ვ. კვარაცხელია,
- გ. კვეციანი, გ. კობახიძე, მ. კოსიორ-კაბბერევი (პოლონეთი), ი. კუტუბიძე, მ. კუხალიძე, ბ. დომსაძე,
- პ. მამელიძე (აზერბაიჯანი), ვ. მაჭვევი (რუსეთი), ნ. მახვილაძე, ე. მეძმარიაშვიდი, 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. ცყემადაძე, 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. აბრეხცი, 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. მეძმარიაშვიდი, 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“, 2020



Founded in 1924.

Published in quarterly editions.

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

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

Infringement of copyright is punishable by law.

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

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

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

Contact us:

sagamomcemlosakhli@yahoo.com

EDITOR-IN-CHIEF

D. Gurgenidze

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF:

L. Klimiashvili

Z. Gasitashvili

K. Kopaliani

SCIENTIFIC SECRETARY

Iv. Gorgidze

EDITORIAL BOARD:

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

G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia),

M. Burjanadze, In. Burkov (Russia), G. Chogovadze, L. Dzienis

(Poland), T. Dzagania, I. Gabisonia, J. Gakhokidze,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

B. Zhumagulov (Kazakhstan).

SCIENTIFIC ADVISERS:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Sh. Tserodze, E. Tskitishvili.

© Publishing House „Technical University“, 2020

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

Ив. А. Горгидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ:

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

© Издательский дом „Технический университет“, 2020



შინაარსი

აგრარული და ბიოლოგიური მეცნიერებები

მაია კუპრავეშილი. ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის დაზუსტება თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით.....	11
მაია კუპრავეშილი. ღვარცოფული ნარევის ტიპის დადგენა ჰიფს-როზეუმის დიაგრამის გამოყენებით.....	19

ბიზნესი, მენეჯმენტი და ბუღალტრული აღრიცხვა

რამაზ ოთინაშვილი. შედარებითი კონკურენტული სტრატეგია.....	25
მერაბ მიქელაშვილი. „ციფრული ეპოქა“ და პროფორიენტაციის პრობლემები უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინგენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესში.....	34
ანა კობიაშვილი, ქეთევან ქუთათელაძე, ნოდარ დარჩიაშვილი. სატელეფონო ცენტრში ზარების ინდიკატორების განსაზღვრის ტექნოლოგიები	58

კომპიუტერული მეცნიერება

ნოდარ უღრელიძე, დავით აკობია, მიხეილ ჭოხონელიძე. ოთხგანზომილებიან სიგნალთა არაოპტიმალური კომბინირება.....	68
---	----

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და პლანეტოლოგია

მეგლუდ შარიქაძე, ირაკლი თავდუმაძე, ზურაბ სურამელაშვილი. ანომალურად მაღალი ფენის წნევების წარმოშობის და გავრცელების გეოლოგიური პირობები ნინოწმინდის და მანავის საბადოების დანალექ საფარში (თბილისის მიმდებარე ნავთობგაზიანი რაიონი).....	75
---	----

ენერჯია

გურამ მახარაძე, დავით ჯაფარიძე. სისტემაწარმომქმნელ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს შერჩევის კრიტერიუმი და მათემატიკური მოდელი	105
ხატია ჩოხელი, გრიგოლ ხელიძე, თეიმურაზ არშვა. მდინარის ჩამონადენის განსაზღვრა ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში მდ. მტკვრის ჰესების კასკადის მაგალითზე.....	113

საინჟინრო საქმე

ირაკლი ბუიშვილი. სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების როლი ტოტალურ თავდაცვაში	122
დავით მაისურაძე. ტერიტორიების საინჟინრო მოწყობის თავისებურებანი.....	131
მანანა თავხელიძე. პლასტიკური დიზაინი და პროექტირების კრიტერიუმები არქიტექტურაში	139

მათემატიკა

ზურაბ აღდგომელაშვილი. ზოგიერთი საინტერესო ამოცანა რიცხვთა კლასიკური თეორიიდან.....	150
--	-----

მედიცინა

ირმა ცომაია, ნინო ტაბატაძე. ალერგია და მისი მკურნალობა ანტიჰისტამინური პრეპარატებით.....	189
--	-----

ავტორთა სამიებელი	195
-------------------------	-----

რეცენზენტთა სამიებელი	196
-----------------------------	-----

ავტორთა საყურადღებოდ	197
----------------------------	-----

CONTENTS

Agricultural and Biological Sciences

- Maia Kupravisvili.** Specification of the density of the mudflow mixture taking into account the clay-colloidal fraction 11
- Maia Kupravisvili.** Determining the type of mudflow mixture using the Gibbs–Roseboom diagram 19

Business, Management and Accounting

- Ramaz Otinashvili.** Comparative competitive strategy 25
- Merab Mikelashvili.** “Digital era” and the professional orientation problems in the qualitative process of formation of student body at the university 34
- Ana Kobiashvili, Ketevan Kutateladze, Nodar Darchiashvili.** Technologies of defining the indicators of call centre 58

Computer Science

- Nodar Ugrelidze, David Akobia, Mikheil Chokhonelidze.** Sub-optimal combining of four-dimensional signals 68

Earth and Planetary Sciences

- Mevlud Sharikadze, Irakli Tavdumadze, Zurab Suramelashvili.** Geological conditions of generation and distribution of abnormal high formation pressure in Ninotsminda and Manavi fields sedimentary cover (near Tbilisi oil and gas region) 75

Energy

- Guram Makharadze, David Japaridze.** Selection criteria and a mathematical model for the additional source of reactive power in a backbone network 105
- Khatia Chokheli, Grigol Khelidze, Teimuraz Arshba.** Determination of river flow under the conditions of lack of hydrological data on the example of hydroelectric power chain on the river Mtkvari 113

Engineering

Irakli Buishvili. The role of military engineering science in total defense	122
David Maisuradze. Features of engineering support of the territory	131
Manana Tavkhelidze. Plastic design and design criteria in architecture	139

Mathematics

Zurab Agdgomelashvili. Some interesting tasks from the classical number theory	150
---	-----

Medicine

Irma Tsomaia, Nino Tabatadze. Allergy and its treatment with antihistamines	189
--	-----

Author's Index	195
-----------------------------	-----

Reviewer's Index	196
-------------------------------	-----

Guidelines for Authors	203
-------------------------------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Аграрные и Биологические науки

Майя Куправишвили. Уточнение плотности селевой смеси с учетом глино-коллоидной фракции	11
Майя Куправишвили. Определение типа селевой смеси с использованием диаграммы Хиббса-Розебома	19

Бизнес, Менеджмент и Бухгалтерский учет

Рамаз Отинашвили. Сравнительная конкурентная стратегия	25
Мераб Микелашвили. «Цифровая эра» и проблемы профессиональной ориентации в качественном процессе формирования студенческого контингента в университете	34
Анна Кобиашвили, Кетеван Кутателадзе, Нодар Дарчиашвили. Технологии определения индикаторов звонков в кол-центре	58

Компьютерные науки

Нодар Угрелидзе, Давид Акобия, Михаил Чохонелидзе. Суб-оптимальное комбинирование четырехмерных сигналов	68
--	----

Науки, изучающие Землю и Планетология

Мевлуд Шарикадзе, Ираклий Тавдумадзе, Зураб Сурамелашвили. Геологические условия возникновения и распространения аномально высоких пластовых давлений в осадочном чехле ниоцминдского и манавского месторождений (Притбилисский нефтегазовый район)	75
---	----

Энергия

Гурам Махарадзе, Давид Джапаридзе. Критерии выбора дополнительного источника реактивной мощности в системообразующей сети и математическая модель	105
Хатия Чохели, Григол Хелидзе, Теймураз Аршба. Определение стока реки в условиях дефицита гидрологических данных на примере каскада ГЭС на р. Мтквари (р. Кура).....	113

Инженерное дело

- Иракли Буишвили.** Роль военно-инженерной науки в тотальной обороне 122
- Давид Маисурадзе.** Особенности инженерного обеспечения территорий 131
- Манана Тавхелидзе.** Пластический дизайн и критерии проектирования в архитектуре 139

Математика

- Зураб Агдгомелашвили.** Некоторые интересные задачи из классической теории чисел 150

Медицина

- Ирма Цома, Нино Табатадзе.** Аллергия и ее лечение антигистаминными препаратами 189

Указатель авторов 195

Указатель рецензентов 196

К сведению авторов 206

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის დაზუსტება თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით

მაია კუპრავიშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

რეცენზენტები

რ. დიაკონიძე, სტუ-ის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

E-mail: robertdia@mail.ru

თ. ოდილავაძე, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

ანოტაცია. ღვარცოფების ჩამოყალიბებაში, ნარევის შემადგენელი მყარ-თხიერი კომპონენტების ურთიერთქმედების გათვალისწინებით, მნიშვნელოვანი ადგილი ნარევის დამაბულ-დეფორმაციულ მდგომარეობას და მის რეოლოგიურ თვისებებს უკავია. ღვარცოფულ ნარევში ცალკეული ფრაქციების - ქვიშის, ხვინჭის, ღორღისა და ქვების წილად მოდის წყლის კომპონენტის 1,2±2,0% (ღვარცოფული ნარევის მთლიანი წონიდან), თიხაკოლოიდური ფრაქციის წილზე კი, რომელიც მაღალი ჰიდროფილურობით გამოირჩევა, მნიშვნელოვანი ნაწილი (48,8%); წყლის დანარჩენი ნაწილი თავისუფალ მდგომარეობაშია და მისი შემცველობის გაზრდა ღვარცოფული

ნარევის შედგენილობაში მყოფი თიხაკოლოიდური ფრაქციის ჯერ გაჯირჯვებას, ნარევის დენად ანუ უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბებას და შემდგომ მთლიანი ნარევის სტრუქტურის რღვევას იწვევს. აქედან გამომდინარე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში ჩატარდა ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სხვადასხვა ტიპის ღვარცოფულ ნარევზე როგორც მისი უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბების, ისე კომპონენტებად დაშლის პირობების შესასწავლად და დაზუსტდა ღვარცოფის სიმკვრივის ფორმულირება თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: არაბმული ღვარცოფი; ბმული ღვარცოფი; გაზომვათა ფარდობითი ცდომილება; ემპირიული გამოსახულება; თიხაკოლოიდური ფრაქცია; კონგლომერატი; ლაბორატორიული ექსპერიმენტი; ქვიშახრემოვანი ფრაქცია; ღვარცოფის სიმკვრივე; ღვარცოფული ნარევის გრანულომეტრიული შედგენილობა.

შესავალი

ღვარცოფული წყალსადინარების სათავე უბანში ხორციელდება ღვარცოფის მშრალი მასის ჩამოყალიბება, რომელშიც თიხაკოლოიდურ ფრაქციას მნიშვნელოვანი როლი აკისრია, სწორედ მისი რაოდენობრივი შემცველობა განაპირობებს როგორც ღვარცოფის ტიპს, ისე მის სიმკვრივეს, ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობებზე დარტმის ძალას და შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებას. განსხვავებული ტიპის ღვარცოფულ ნარევერე წყლის გავლენა სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს: არაბმული ღვარცოფების შემთხვევაში წყალი მატრანსპორტირებელ გარემოს ქმნის და თიხაკოლოიდურ ფრაქციასთან ერთად, უფრო მსხვილი ნაწილაკების ჰიდრაულიკური სისხოს შემცირების გზით, მაღალი მატრანსპორტირებელი შესაძლებლობის მქონე სუსპენზიას ქმნის. ბმული ღვარცოფის შემთხვევაში კი წყლის კომპონენტისა და წვრილდისპერსიულ თიხაკოლოიდურ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება უფრო რთულ სახეს იღებს. ბმულ ღვარცოფწარმომქმნელ გრუნტებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ე.წ. ბმულ წყალს, რომლის ფიზიკური მახასიათებლები თიხაკოლოიდური ფრაქციის რაოდენობრივ და მინერალოგიურ შემცველობასთან ერთად იცვლება.

ძირითადი ნაწილი

მკვლევრებისთვის საინტერესოა ბმული ღვარცოფული ნარევი, რომლის მდგრადობის შენარჩუნებაში ბმული წყლის ორ ნაირსახეობას (მყარად ბმული და ფხვიერად ბმული) შორის მნიშვნელოვანი ადგილი მყარად ბმულ წყალს უკავია.

მეცნიერების მიერ განისაზღვრა მყარად ბმული წყლის სიმკვრივის მნიშვნელობა, რომელიც 1200-2000 კგ/მ³ საზღვრებში მერყეობს და განაპირობებს ბმული ღვარცოფების სიმკვრივის მაღალ მნიშვნელობებს [1].

აღნიშნული სახეობის წყალი თავსდება ცალკეული ნაწილაკების კუთხეებსა და წიბოებში, ე.ი. ენერგეტიკულად ყველაზე აქტიურ ადგილებში, რომელიც ნაწილაკებს შორის ურთიერთმეჭიდულობას აძლიერებს, მაგრამ საკმარისია წყლის მცირე რაოდენობის დამატება, რათა დაირღვეს ნაწილაკებს შორის არსებული მყარი კავშირები – გარემო დაკარგავს მისთვის დამახასიათებელ სიმტკიცეს. ამ მხრივ, სტრუქტურული (ბმული) ღვარცოფის ნაირსახეობებს შორის განსაკუთრებით საყურადღებოა ქვატალახოვანი ნარევის პლასტიკური კონგლომერატი, რომელშიც შემაკავშირებლის ე.წ. "ცემენტის" როლს სწორედ თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და წყლის კომპონენტის განსაზღვრული წონითი შემცველობით წარმოდგენილი ნარევი ასრულებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ადრე ჩატარებულ ლაბორატორიულ და თეორიულ კვლევებში დიდი ყურადღება ეთმობოდა 1 მმ-ზე მეტი და ნაკლები დიამეტრის ნაწილაკების მნიშვნელობის დადგენას.

მეტრის მქონე ნაწილაკების წონით კონცენტრაციებს შორის თანაფარდობებს – $P_{\text{aa}}/P_{\text{კვ}}$, რომელთა განსხვავებული მნიშვნელობების დროს ღვარცოფების ჩამოყალიბებისათვის საჭირო წყლის წონითი კონცენტრაცია იცვლებოდა $P_{\text{წყ}}=0.1\pm 0.3$ დიაპაზონში. ამ შემთხვევაში ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივე მერყობდა $\rho_{\text{ვვ}} = 1900\pm 2300$ კგ/მ³ შუალედში [2].

1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ფრაქციები თავის თავში აერთიანებს ქვიშოვან და მტვრისებრ ნაწილაკებსაც, რომლებიც ბმული წყლის და, მაშასადამე, ღვარცოფული ნიმუშის ბმულ გარემოდ ჩამოყალიბებაში არსებით როლს არ ასრულებს, ამიტომ ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომელშიც ყურადღება გამახვილდა 0.005 ± 0.001 მმ და ნაკლები ზომის ნაწილაკების (თიხაკოლოიდური ფრაქცია) და წყლის კომპონენტის წონითი კონცენტრაციების პროპორციულობის განსაზღვრაზე [3].

ექსპერიმენტში გამოიყენეს 0.1 კგ წონის ბმული და არაბმული ტიპის ცხრა საცდელი ღვარცოფული ნიმუში. წარმოდგენილი იყო თიხაკოლოიდური ფრაქცია 0.5; 2,5 და 10 მილიმეტრზე მეტი დიამეტრის მქონე ნაწილაკების სხვადასხვა წონითი მოცულობით. აღნიშნულ ნიმუშებში თიხაკოლოიდური ფრაქცია შემდეგი გრადაციით იცვლებოდა (მყარი ფაზიდან): $G_{\text{თ.კ}}/G_{\text{მყ}} = 0.05; 0.07; 0.08; 0.09; 0.10; 0.13; 0.15; 0.17; 0.20$, რაც ბუნებრივ პირობებში ფორმირებული ღვარცოფული ნარევების გრანულო-

მეტრიული შედგენილობის ფართო სპექტრს წარმოადგენს [4].

ექსპერიმენტის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი იყო წყლის ისეთი წონითი შემცველობის დადგენა, რომლის დროსაც თითოეული ნიმუში მიაღწევდა ჩამოყალიბებული ღვარცოფის, როგორც უწყვეტი ტანის იდენტურ მდგომარეობას და შემდგომ წყლის კომპონენტის გაზრდით მოხდებოდა მისი დაშლა. ექსპერიმენტის ჩატარების ამგვარი მეთოდის ითვალისწინებდა ღვარცოფის ფორმირებასა და ნაგებობებზე მოქმედების პარამეტრების დაზუსტებას, ნიმუშის შემადგენელი კომპონენტების რაოდენობრივი შემცველობის გათვალისწინებით.

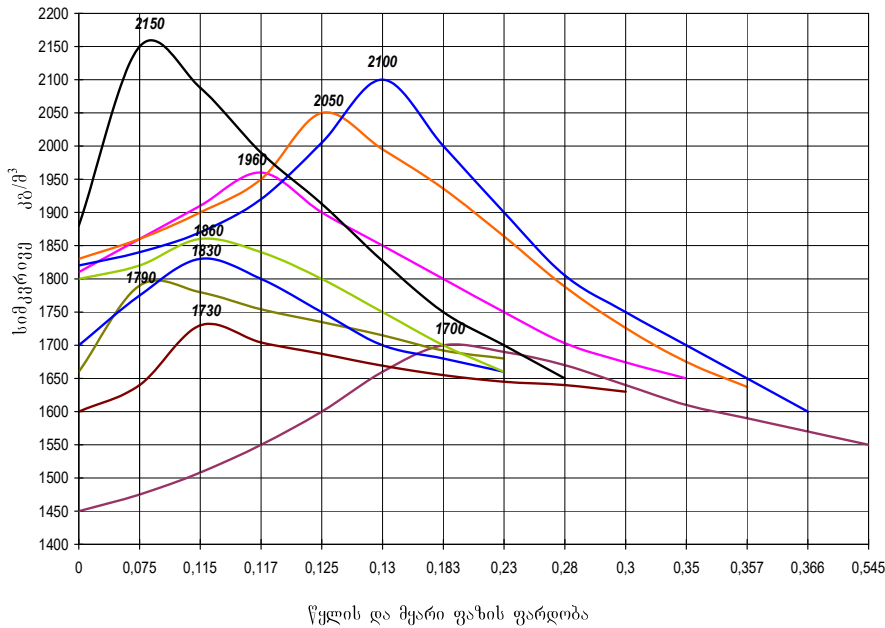
ამ მიზნით ექსპერიმენტში განისაზღვრა ღვარცოფული ნიმუშების სიმკვრივეთა მნიშვნელობები წყლის კომპონენტის თანდათანობითი ზრდით.

ექსპერიმენტის მონაცემებზე დაყრდნობით, ღვარცოფული ნიმუშების სიმკვრივეთა მნიშვნელობები ნარევის მშრალი, ჩამოყალიბებული და დაშლილი მდგომარეობისათვის (ρ_0 ; $\rho_{\text{ვვ}}$; $\rho_{\text{დაშ.}}$) შესაბამისი წყლის, თიხა-კოლოიდისა და ქვების წონითი შემცველობის გათვალისწინებით მოცემულია ცხრილში.

ღვარცოფული ნარევების სიმკვრივეთა ცვლილებების დინამიკა წყლის წონით შემცველობასთან კავშირში წარმოდგენილია $\rho_{\text{ვვ}}=f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდებით (სურათი).

ღვარცოფული ნარეგების სიმკვრივის მნიშვნელობები მისი შემადგენელი მყარ-თხიერი
კომპონენტების წონითი შემცველობის გათვალისწინებით
(ექსპერიმენტული მონაცემები)

საექსპერიმენტო ღვარცოფული ნარეგის ნომერი	მშრალი ღვარცოფული ნიმუშის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ღვარცოფულ ნარეგში თიხა-კოლიდების წონითი შემცველობა, G _{თიხა} /G _{მყ}	ღვარცოფულ ნარეგში 10 მმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე ნაწილაკების წონითი შემცველობა, G ₁₀ /G _{მყ}	ფორმირებული ღვარცოფული ნარეგის სიმკვრივე, კგ/მ ³	სტრუქტურადარღვეული ღვარცოფული ნარეგის სიმკვრივე, კგ/მ ³	ღვარცოფის ფორმირებისათვის აუცილებელი წყლის წონითი შემცველობა, G _{წყ} /G _{მყ}	სტრუქტურადარღვეული ღვარცოფული ნარეგის წყლის წონითი შემცველობა, G _{წყ} /G _{მყ}	100 მმ-ზე მეტი დიამეტრის ნაწილაკების და თიხა-კოლიდების წონითი შემცველობებს შორის ფარდობა, G ₁₀ /G _{თიხა}	ფუნქციის მრუდების გადახრა-ცდომილება
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1450	0.20	0.15	1700	1550	0.183	0.545	0.75	0.096
2	1600	0.07	0.27	1730	1630	0.115	0.300	3.86	0.020
3	1660	0.05	0.30	1790	1680	0.075	0.230	6.00	0.028
4	1700	0.09	0.25	1830	1660	0.115	0.230	2.78	0.026
5	1800	0.10	0.30	1860	1660	0.115	0.235	3.00	0.070
6	1810	0.13	0.30	1960	1655	0.117	0.360	2.31	0.080
7	1830	0.17	0.31	2050	1640	0.125	0.357	1.82	0.082
8	1820	0.15	0.20	2100	1600	0.130	0.366	1.33	0.091
9	1880	0.08	0.35	2150	1650	0.075	0.280	4.37	0.095



$\rho_{\text{ვ}} = f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდები

მრუდები შემდეგი ემპირიული გამოსახულებით აღიწერა:

$$\rho_{\text{ვ}} = 1,04 \cdot \rho_0 \exp \left[(\rho_0 - 1800)^2 - \left(\frac{G_{\text{წყ}}}{G_{\text{მყ}}} - 0,12 \right)^2 \right], \text{კგ/მ}^3 \quad (1)$$

სადაც ρ_0 მშრალ მდგომარეობაში მყოფი ღვარცოფული ნიმუშის სიმკვრივეა. ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით იგი იცვლება შემდეგ დიაპაზონში: $\rho_0 = 1450 \div 1880$ კგ/მ³; $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}}$ - წყლის წონითი შემცველობა, რომელიც მერყეობს შუალედში: $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,00 \div 0,35$, სადაც $G_{\text{წყ}}$ წყლის კომპონენტის წონაა (კგ); $G_{\text{მყ}}$ - მყარი კომპონენტის წონა (კგ).

სურ-ზე წარმოდგენილი $\rho_{\text{ვ}} = f(G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}})$ დამოკიდებულების მრუდების პიკური წერტილების (ჩამოყალიბებული ღვარცოფული ნარევების სიმკვრივის შესაბამისი წერტილები) შეერთებით და ბმული ღვარცოფის ფორმირებისათვის აუცილებელი

პირობების გათვალისწინებით დადგინდა ღვარცოფის ბმულობისა და არაბმულობის განმსაზღვრელი კიდევ ერთი პირობა:

- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 0,75 \div 3,00$ და $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,115 \div 0,183$ - ადგილი აქვს ბმული ღვარცოფის ფორმირებას;
- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 3$ - ნარევი ბმულობისა და არაბმულობის ზღვარზე იმყოფება და ჩაითვლება ბმულად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დააკმაყოფილებს შემდეგ პირობას: $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} \geq 0,10$;
- როცა $G_{10}/G_{\text{თ.კ}} = 3,00 \div 6,00$ და $G_{\text{წყ}}/G_{\text{მყ}} = 0,08 \div 0,115$ - ადგილი აქვს არაბმული ღვარცოფის ფორმირებას.

ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, რომ ღვარცოფის ტიპი მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და ქვიანი კომპონენტის წონით შემც-

ველობებს შორის თანაფარდობებზე და არა ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივის მნიშვნელობასა და წყლის პროცენტულ (წონით) რაოდენობაზე, როგორც ეს ადრეულ შრომებში იყო წარმოდგენილი [5].

ექსპერიმენტის მონაცემებზე დაყრდნობით ასევე დადგინდა განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ღვარცოფული ნარევის ღვარცოფად ჩამოყალიბების პირობები და მისი სიმკვრივე, წყლის წონის შემცველობასთან კავშირში:

1. როცა $G_{წყ}/G_{მყ} = 0.08 \pm 0.18$ – ადგილი აქვს ღვარცოფის ჩამოყალიბებას და მისი სიმკვრივე იცვლება შუალედში: $\rho_{\text{ვ}} = 1700 \pm 2150$ კგ/მ³;
2. როცა $G_{წყ}/G_{მყ} = 0.23 \pm 0.35$ – იწყება ღვარცოფის სტრუქტურის რღვევა და ამ დროს სიმკვრივე $\rho_{\text{ვ}} = 1550 \pm 1650$ კგ/მ³ უტოლდება.

ასევე დადგინდა, რომ ღვარცოფული ნარევის კომპონენტებად დაშლა დამოკიდებულია ნარევი თიხაკოლოიდური ფრაქციის წონით შემცველობაზე იმდენად, რამდენადაც აღნიშნული ფრაქციის 10 %-ზე ნაკლები შემცველობის შემთხვევაში (ღვარცოფის მთლიანი წონიდან) ღვარცოფული ნარევის სტრუქტურის დასარღვევად აუცილებელია წყლის კომპონენტის 10 %-ით გაზრდა იმ პროცენტულ შემცველობასთან შედარებით, რომლის დროსაც ჩამოყალიბდა ღვარცოფული ნარევი; ხოლო თიხა-კოლოიდების 10 %-ზე მეტი შემცველობის დროს წყლის კომპონენტის 20 %-ით გაზრდა საჭირო [6].

ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით დამუშავების საფუძველზე გაზომვათა ცდომილება 99 %-იანი უზრუნველყოფის საიმედოობის დროს იქნა მიღებული –

$3,2 \pm 4,48$, ხოლო ექსპერიმენტული მონაცემებით მიღებული ფუნქციური მრუდების $\rho_{\text{ვ}} = f(G_{წყ}/G_{მყ})$ გადახრა-ცდომილება, (1) გამოსახულებით აღწერილ ემპირიულ დამოკიდებულებასთან შედარებით, $D = 0.021 \pm 0.098$ ტოლი აღმოჩნდა. იგი აკმაყოფილებს პირობას – $D\sqrt{n} \leq 1$, სადაც $n=15$ გაზომვათა რაოდენობაა. შესაბამისად, მიღებული ემპირიული გამოსახულების გამოყენება-განზოგადება მართებულია და მისაღები.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული ლაბორატორიული კვლევის შედეგად მიღებულ იქნა ღვარცოფული ნარევის დაზუსტებული სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულა თიხაკოლოიდური ფრაქციის გათვალისწინებით. დადგინდა განსხვავებული გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ღვარცოფული ნარევის უწყვეტ ტანად ჩამოყალიბების პირობები.

აღმოჩნდა, რომ ღვარცოფის ტიპის ფორმირება და მისი კომპონენტებად დაშლა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ნარევის შემადგენელი თიხაკოლოიდური ფრაქციისა და ქვიანი კომპონენტების წონით შემცველობებს შორის განსაკუთრებულ თანაფარდობაზე და არა ღვარცოფული ნარევის სიმკვრივესა და წყლის პროცენტულ (წონით) სიდიდეებზე.

მიღებული ემპირიული გამოსახულების გამოყენება მიზანშეწონილია ღვარცოფის სიმკვრივის დაზუსტებული სიდიდის მისაღებად, რაზეც მნიშვნელოვანად არის დამოკიდებული ეფექტური და ეკოლოგიურად მართებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო და პრევენციული ღონისძიებების გატარება.

ლიტერატურა

1. Tevzadze V.I. Statistics of cohesive mudflows passing in nature and the values of their main physical, mechanical and hydraulic characteristics. Alma-Ata. 1988, 41-50 pp. (In Russian).
 2. Sergeev E.M. Ground science. Moscow: "MGU". 1983. (In Russian).
 3. Kupravisvili M.S. Determining the type of mudflow using solid-liquid components. Tb.: "Aspirantha da khariskhis maziebeta sametsniro shromata krebuli". Vol.1. 1996, 288-291 pp. (In Georgian).
 4. Kupravisvili M.S. Mudflow mixture density with the component change. Tbilisi: "Metsniereba da teqnologiebi". №4-6. 2001, 75-78 pp. (In Georgian).
 5. Tevzadze V.I. Calculation of mudflow parameters. 1982, 39-41 pp. (In Russian).
 6. Kupravisvili M.S. Why mountains cry. Monograph. ISBN: 978-620-2-55486-2. 2020, 69 p.
-

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

Specification of the density of the mudflow mixture taking into account the clay-colloidal fraction

Maia Kupravisvili

Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili Str, 0192, Tbilisi, Georgia
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

R. Diakonidze, Professor, Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute, GTU

E-mail: robertdia@mail.ru

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

E-mail: adilavadze2004@yahoo.com

Abstract. As a result of laboratory research, was obtained a formula for calculating the density of the mudflow mixture, taking into account the clay-colloidal fraction. The conditions for the formation of mudflows with different particle size distribution are determined. It was found that the formation and decay of the mudflow largely depend on certain ratios between the clay-colloid and rocky components of the mudflow, and not on the density of the mudflows and the percentage (weight) of water, as was presented in early scientific works.

It is advisable to use the empirical formula, obtained in the work, to accurately calculate the density of mudflow mixtures for the prediction of mudflow phenomena in order to conduct effective and environmentally sound anti-mudflow measures.

Key words: Clay-colloidal particles; conglomerate; density of mudflow mixture; empirical formula; fluid stream; granulometric composition of mudflow mixture; laboratory experiment; relative measurement; sand-and-gravel fraction; viscous stream.

UDC 551.482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-11-18>

Уточнение плотности селевой смеси с учетом глино-коллоидной фракции

მაია კუპრავიშვილი Департамент агроинженерий, Грузинский технический университет, Грузия,
0192, Тбилиси, пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Р. Дьяконидзе, профессор института водного хозяйства имени Ц. Мирцхулава Грузинского технического университета, доктор технических наук

E-mail: robertdia@mail.ru

Т. Одилавадзе, ассоциированный профессор факультета аграрных наук и инженерии биосистем, кандидат технических наук ГТУ

E-mail: odilavadze2004@yahoo.com

Аннотация. Важную роль играет напряженно-деформационное состояние смеси и ее реологические свойства при формировании селей, учитывая взаимодействие твердо-жидких компонентов смеси. На отдельные фракции селевой смеси - песка, гравия, щебня и камней - приходится 1,2 ÷ 2,0% водной составляющей (от общей массы селевой смеси). Значительная часть приходится на глино-коллоидную фракцию, которая отличается высокой гидрофильностью (48,8%); остальная часть воды находится в свободном состоянии, и увеличение ее содержания заставляет глино-коллоидную фракцию в смеси оползней сначала затвердевать, образуя поток смеси или непрерывное тело, а затем разрушать структуру всей смеси. Исходя из этого, в институте водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава был проведен лабораторный эксперимент по изучению различных типов селевых смесей с целью изучения их непрерывного образования, а также условий разложения на компоненты и определения плотности сели с учетом глино-коллоидной фракции.

Ключевые слова: глинисто-коллоидные частицы; гранулометрический состав селевой смеси; конгломерат; лабораторный эксперимент; несвязной сель; относительная величина измерений; песчано-гравийная фракция; плотность селя; связной сель; эмпирическая формула.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 482.32

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-19-24>

ღვარცოფული ნარევის ტიპის დადგენა ჰიფს-როზეუმის დიაგრამის გამოყენებით

მაია კუპრავიშვილი აგროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

გ. ჩახაია, სტუ-ის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, ტექნიკის აკადემიური დოქტორი

E-mail: gogachaxaia@mail.ru

გ. ნატროშვილი, სტუ-ის აგარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის უფროსი მასწავლებელი, ტექნიკის აკადემიური დოქტორი

E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

ანოტაცია. ღვარცოფულ მოვლენებთან ბრძოლისა და პრევენციული ღონისძიებების დასახვის მიზნით მიზანშეწონილია მათი ტიპების გამოკვლევა, რაზეც მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ღვარცოფის ნეგატიური ზეგავლენის შემცირება. განხილულია ღვარცოფული ნარევის ტიპის დადგენა ჰიფს-როზეუმის (ფერეს სამკუთხედი) დიაგრამის მიხედვით, რომელშიც დიფერენცირებულად არის წარმოდგენილი ღვარცოფების ტიპები და ქვეტიპები, ღვარცოფული ნარევის შემადგენელი წყლის – 1 მმ-ზე მეტი და 1 მმ-ზე ნაკლები ზომის ფრაქციების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: არაბმული ღვარცოფი, ბმული ღვარცოფი, გრანულომეტრიული შედგენილობა, 1 მმ-ზე მეტი დიამეტრის ფრაქციები, 1 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრის ფრაქციები. ღვარცოფული ნარევის ტიპი, წყლის კომპონენტი, ჰიფს-როზეუმის დიაგრამა.

შესავალი

ღვარცოფული ნაკადების სახეობებისა და მისი ფიზიკურ-მექანიკური, რეოლოგიური და დინამიკური თვისებების დასადგენად აუცილებელი პირობაა მასში მყარი კომპონენტის გრანულომეტრიუ-

ლი და თხიერი შედგენილობის რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრა.

ამ მხრივ, ღვარცოფების პირველი კლასიფიკაცია განხორციელდა გარკვეულ კვლევებში, რომელთა მიხედვითაც გამოყოფილ იქნა ბუნებაში არსებული ღვარცოფული ნარეგების შემდეგი ქვეტიპები: ტალახიანი, ტალახქვიშიანი, ქვიშატალახიანი, ტალახქვიანი, ქვატალახიანი და სხვა. მათი დიფერენცირება ნარეგის შემადგენელი მყარი კომპონენტის ნაირგვარობის, მისი გრანულომეტრიული შედგენილობის და რაოდენობის განსაზღვრის შედეგად მოხდა. ეს ქვეტიპები, თავის მხრივ, გაერთიანდა ღვარცოფული ნარეგების ორ ძირითად ტიპში: არაბმული (ტურბულენტური), სადაც მყარი კომპონენტი 20÷30%; ხოლო წყალი 80÷70%-ია და ბმული (სტრუქტურული), მყარი კომპონენტი – 80÷90%, წყალი – 10÷20%. ასეთი კრიტერიუმებით ღვარცოფული ნარეგების მიკუთვნება ამა თუ იმ ტიპისადმი ძალიან პირობითია და შეიძლება ითქვას არაზუსტი.

ძირითადი ნაწილი

ღვარცოფების წარმოქმნაში მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება წვრილფრაქციული ნაწილაკების არსებობას, რომელთა დიამეტრი $D < 0,005$ მმ; მათი 1÷2% (მყარი ფაზიდან) შემცველობა განაპირობებს ღვარცოფული მასის ჩამოყალიბებას, ხოლო 8÷10%-მდე გაზრდა ბმული ღვარცოფის წარმოშობას.

ეს პირობა არ ჩანს ზემოაღნიშნულ ფორმულირებაში, ამიტომ მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ჰიფს-როზეზუმის დიაგრამა, რომელიც წარმოდგენილია ტოლგვერდა სამკუთხედის სახით. მი-

სი გვერდები და შიგა სივრცე დაყოფილია თანაბარ ნაწილებად. დიაგრამის შიგნით აღებული ნებისმიერი წერტილიდან სამკუთხედის მედიანების პერპენდიკულარულად გატარებული წრფეების გადაკვეთა სამკუთხედის გვერდებზე გვამღევს წერტილის სამკოორდინატს, რომლებიც შეესაბამება ღვარცოფული ნარეგის ძირითადი კომპონენტების შესაბამის პროცენტულ შედგენილობას.

ჰიფს-როზეზუმის დიაგრამა პირველად ასეთი სახით გამოიყენა ა.ი. შეკომ, რომელმაც ღვარცოფული ნარეგის მყარი კომპონენტების გრანულომეტრიული ანალიზის საფუძველზე დაადგინა ბმული და არაბმული ღვარცოფული ნარეგების საზღვრები და დიაგრამაში მოგვცა ორივე ტიპის ნარეგის განთავსების არეალი (სურ. 1) [1].

ჰიფს-როზეზუმის დიაგრამის გვერდებზე მოთავსებულია თიხა-კოლოიდის, ქვიშა-მტვრის და ქვების პროცენტული შემცველობები.

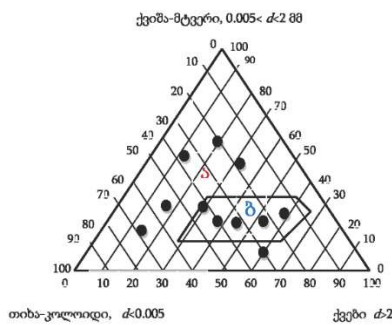
წერტილების სახით მასზე დატანილია მდინარეების – დურუჯის, თურდოს, ჩემოლგანის, ისიიკის წყალსადინარების კალაპოტში პროლუვიონის მყარი ფაზის გრანულომეტრიული შედგენილობა [2, 3].

(ა) არეში მოთავსდა ტურბულენტური ტიპის ღვარცოფები, ხოლო (ბ) არეში – ბმული ღვარცოფული ნარეგები. შესაბამისი ფრაქციების განსაზღვრული წონითი პროცენტული შემცველობებით დადგინდა ბმული ღვარცოფების ჩამოყალიბებისთვის აუცილებელი ორი პირობა:

1. თიხაკოლოიდური ნაწილაკების პროცენტული შემცველობა (მყარი კომპონენტის წონიდან) 8÷19% უნდა აღემატებოდეს;

2. 2 მმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე ქვებისა და 0,005÷2 მმ დიაპაზონში ცვალებადი დიამეტრის მქონე წვრილფრაქციული შემავსებლების პროცენტულ შემცველობათა შორის ფარდობა 2-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

ღვარცოფული ნარეგების ტიპის უფრო სრულყოფილი წარმოდგენისათვის საჭიროა წყლის კომპონენტის რაოდენობრივი შემცველობის მხედველობაში მიღება. იგი გარკვეულწილად განაპირობებს ღვარცოფის ფიზიკურ-მექანიკურ და რეოლოგიურ მახასიათებლებს; ამ მხრივ, გამოვიყენეთ იგივე ჰიფს-როზეუმის დიაგრამა, იმ განსხვავებით, რომ მის გვერდებზე დავიტანეთ ღვარცოფული ნარეგის შემადგენელი წყლის – 1 მმ-ზე მეტი და 1 მმ-ზე ნაკლები ზომის ფრაქციები (სურ. 2) [4, 5].



სურ. 2 ღვარცოფული ნარეგის სახეობის დადგენა მყარ-თხიერი კომპონენტების შედგენილობის მიხედვით

ზემოხსენებული ღვარცოფული ხასიათის წყალსადინარებისათვის დამახასიათებელი ღვარცოფული ნარეგების მყარ-თხიერი კომპონენტების გრანულომეტრიული შედგენილობა მოცემულია მე-3 სურათზე.

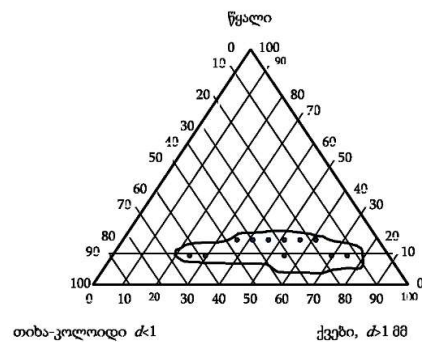
ღვარცოფული ნარეგის მყარი ფაზის მიხედვით ბმულობის განსაზღვრის უკვე შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენებით და აღნიშნულ დიაგრამაში

წერტილების განთავსების მიხედვით დადგინდა, რომ ბმული ღვარცოფული ნარევი მყარ-თხიერი კომპონენტების შემდეგი გრანულომეტრიული შედგენილობით ხასიათდება: წყალი – 10÷30%, 1მმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკები – 40÷65%; 1 მმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკები – 20÷50%; არაბმული ღვარცოფული ნარევი – წყალი – 10÷30%; 1 მმ-ზე ნაკლები – 10÷40%; 1 მმ-ზე მეტი – 40÷80%.

როგორც ვხედავთ, ღვარცოფული ნარეგის შედგენილობაში, წყლის ერთი და იგივე პროცენტული შემცველობის მიუხედავად, ღვარცოფის ტიპი სხვადასხვაა. ეს უკანასკნელი განპირობებულია ნარეგში 1 მმ-ზე მეტი და 1მმ-ზე ნაკლები ფრაქციების პროცენტულ შემცველობათა შორის განსაზღვრული თანაფარდობით და არა წყლის რაოდენობით ან ნარეგის სიმკვრივის მნიშვნელობით.

ამ მოსაზრებას ადასტურებს მე-3 სურ-ზე წარმოდგენილი $\rho = f(P_{წყ}/P_{აგ})$ დამოკიდებულების მრუდები $P_{აგ}/P_{აგ}$ თანაფარდობის შემდეგი მნიშვნელობებისათვის:

1-ელი ნიმუში – 0,279; მე-2 ნიმუში – 0,340; მე-3 ნიმუში – 0,500; მე-4 ნიმუში – 1,00 .



სურ. 3 $\rho_{აგ} = f(P_{წყ}/P_{აგ})$ დამოკიდებულების მრუდები $P_{აგ}/P_{აგ}$ ფარდობის შემდეგი მნიშვნელობებისათვის:
1) 0.270; 2) 0.340; 3) 0.500; 4) 1.00

მიუხედავად იმისა, რომ თავდაპირველი მშრალი გრუნტის სიმკვრივე 1-ელი და მე-2 მრუდეების შესაბამის ნიმუშებში 2-ჯერ აღემატება მე-3 და მე-4 მრუდეების შესაბამისი ნიმუშების სიმკვრივეებს, რაც მსხვილმონატეხი ნაწილაკების მეტი შემცველობითაა განპირობებული, 1-ელ და მე-2 მრუდეებზე ნარევი “დენადობას” ანუ უწყვეტი ტანის მდგომარეობას 2-ჯერ ნაკლები წყლის დამატების შემთხვევაში აღწევს, მე-3 და მე-4 მრუდეებზე გამოსახულ ნარევებთან შედარებით, რაც ამ უკანასკნელში თიხაკოლოიდური ფრაქციის შედარებით მეტი შემცველობითაა განპირობებული.

ეს მოსაზრება თვალნათლივ ჩანს ჰიფს-როზებუმის დიაგრამაზე (სურ. 3) დატანილი 1, 2, 3 და 4 ნიმუშების მყარ-თხიერი კომპონენტების გრანულომეტრიული შედგენილობის დადგენით, რომელიც შემდეგნაირადაა წარმოდგენილი:

1-ელი ნიმუში, წყალი-9%; 1 მმ-ზე მეტი-71%;
1 მმ-ზე ნაკლები-20%;

მე-2 ნიმუში, წყალი-13%; 1 მმ-ზე მეტი-65%;
1 მმ-ზე ნაკლები-22%;

მე-3 ნიმუში, წყალი-17%; 1 მმ-ზე მეტი-55%;
1 მმ-ზე ნაკლები-28%;

მე-4 ნიმუში, წყალი-26%; 1 მმ-ზე მეტი-37%;
1 მმ-ზე ნაკლები-37%.

აღმოჩნდა, რომ 1-ელი, მე-2 და მე-3 ნიმუშები არაბმული ტიპისაა, ხოლო მე-4 ნიმუში ბმულ-ღვარცოფული ნარევი.

ამრიგად, ჰიფს-როზებუმის დიაგრამის მიხედვით შესაძლებელია დადგინდეს ღვარცოფების საზღვრები, შემცველობების გათვალისწინებით, რაც აუცილებელი პირობაა ღვარცოფული ნარევების როგორც შესწავლის, ისე ეფექტური ღვარცოფსა-წინააღმდეგო ღონისძიებების დასახვის და, შესაბამისად, გარემოს ეკოლოგიურ გარემოცვაზე ნეგატიური ზეგავლენის პროგნოზირების თვალსაზრისით.

დასკვნა

ნაშრომში ღვარცოფის ტიპის განსაზღვრისა და განზოგადებისთვის გამოყენებულ იქნა ჰიფს-როზებუმის დიაგრამა და დადგინდა ღვარცოფების ბმულობისა და არაბმულობის ახალი საზღვრები და განმაპირობებელი ფაქტორები. ეს უკანასკნელი ითვალისწინებს გამოსაკვლევ ღვარცოფულ ნარევი როგორც მყარ-თხიერი კომპონენტის პროცენტულ შემცველობას, ისე მილიმეტრზე ნაკლები და მეტი ფრაქციების თანაფარდობებს. აღნიშნული მეთოდით ღვარცოფების ტიპიზაცია მოსახერხებელი და მიზანშეწონილია, რადგან ღვარცოფული ნარევის სტრუქტურას განაპირობებს სწორედ მილიმეტრზე ნაკლები ფრაქციები და არა მასში შემავალი წყლის კომპონენტის რაოდენობა. შემოთავაზებული დიაგრამის დახმარებით შესაძლებელია ჯერ კიდევ ღვარცოფწარმომქმნელ კერებში მოსალოდნელი ღვარცოფული ნარევის ტიპის განსაზღვრა და შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების დასახვა.

ლიტერატურა

1. Sheko A.I. Patterns of mudflow formation and forecast. M.: "Nedra". 1980, 296 p. (In Russian).
 2. Tevzadze V.I. Statistics of cohesive mudflows passing in nature and the values of their main physical, mechanical and hydraulic characteristics. Alma-Ata. 1988, 41-50 pp. (In Russian).
 3. Tevzadze V.I. Statistics of movement of mud-flows (highly concentrated) and their physical-mechanical and hydraulic characteristics. Alma-Ata. 1988, 51-55 pp. (In Russian).
 4. Kupravisvili M.S. Why mountains cry. Monograph. ISBN: 978-620-2-55486-2. 2020, 69 p.
 5. Kupravisvili M.S. Correlation angle of internal friction of the particles with alike diameter. Works of Georgian Technical University. №4, (514). 2019, 75-81 pp. (In Georgian).
-

UDC 551.515.3

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-19-24>

Determining the type of mudflow mixture using the Gibbs–Roseboom diagram

Maia Kupravisvili Department of Agro-Engineering, Georgian Technical University, 17 D. Guramishvili Str,
E-mail: m.kupravisvili@gtu.ge

Reviewers:

G. Chakhaia, Academic Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute, GTU
E-mail: gogachaxaia@mail.ru

G. Natroshvili, Academic Doctor of Technical Sciences, Senior Teacher, Faculty of Agricultural Science and Biosystems Engineering, GTU
E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

Abstract. The Gibbs–Roseboom diagram was used in determining and generalizing the type of mudflow mixture as well as new boundaries between viscous stream and fluid stream were determined in the article. The latter is due to the percentage of solid-liquid component in the mudflow, as well as from fractions of less than one millimeter. Thus, the typification of mudflows is convenient and expedient, since the structure of the mixture is determined by clay-colloidal fractions, and not by the amount of water components in it. Using the proposed diagrams, it is possible to determine the type of mudflow still in the outbreaks and take appropriate preventive measures.

Key words: Fluid stream; fractions of less than 1 mm diameter; fractions of more than 1 mm diameter; Gibbs–Roseboom diagram; granulometric composition; type of mudflow mixture; viscous stream; water component.

UDC 551.515.3

SCOPUS CODE 1101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-19-24>

Определение типа селевой смеси с использованием диаграммы Хиббса-Розебома

Майя Куправишвили – департамент агроинженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0192, Тбилиси. пр. Д. Гурамишвили 17
E-mail: m.kupravishvili@gtu.ge

Рецензенты:

Г. Чахая, старший научный сотрудник Института водного хозяйства им. Цотне Мирцхулава, академический доктор технических наук ГТУ

E-mail: gogachaxaia@mail.ru

Г. Натрошвили, факультет аграрных наук и инженерии биосистем, старший преподаватель, академический доктор технических наук ГТУ

E-mail: g.natroshvili@gtu.ge

Аннотация. Для борьбы с селевыми явлениями и принятия превентивных мер желательно выяснить их типы, от которых в значительной степени зависит снижение негативного воздействия селей. В статье рассмотрено определение типа селевой смеси по диаграмме Хиббса-Розебома (цветовой треугольник), которая различает типы и подтипы селевых потоков с учетом компонентов селевой смеси - воды, с учетом размеров фракций более 1 мм и менее 1 мм.

Ключевые слова: водный компонент, гранулометрический состав, диаграмма Хиббса-Розебома, несвязной сель, связной сель, тип селевой смеси, фракции диаметром более 1 мм, фракции диаметром менее 1 мм.

განხილვის თარიღი 24.06.2020

შემოსვლის თარიღი 02.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 009.02

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-25-33>

შედარებითი კონკურენტული სტრატეგია

რამაზ ოთინაშვილი ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: r.otinashvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

მ. ვანიშვილი, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: merabvanishvili@gtu.ge

ა. გვარუციძე, სტუ-ის საინჟინრო ეკონომიკის, მედიატექნოლოგიებისა და სოციალური მეცნიერებების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: a.gvarucidze@gtu.ge

ანოტაცია. ბიზნესის შედარებითი კონკურენტული სტრატეგია დაკავშირებულია მენეჯმენტის თანამედროვე მეთოდების ძიება-შესწავლასა და პრაქტიკაში დანერგვასთან. კონკურენტული სტრატეგიის მიხედვით ბიზნესობიექტები დაყოფილია საბაზრო ლიდერებად, პრეტენდენტებად, მიმდევრებად და იმ ობიექტებად, რომლებმაც უკვე მოიპოვა საკუთარი საბაზრო ნიშა. გაანალიზებულია მათი კონკურენტული ბრძოლის ძირითადი ასპექტები. აღნიშნულია, რომ ბრძოლის სტრატეგია ძნელად განსახორციელებელია და საჭიროებს საკმარესურსებისა და ძალების კონცენტრაციას. მსოფლიოს წარმატებული კომპანიების მაგალითების განხილვის ფონზე აღნიშნულია, რომ კონკრეტული

ბიზნესისთვის სტრატეგიის უნივერსალური მოდელი არ არსებობს. თითოეულმა ფირმამ, მიზნებიდან, გამოწვევებისა და შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ინდივიდუალურად უნდა აირჩიოს მისთვის მისაღები სტრატეგია.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნესი; კონკურენცია; მართვა; სტრატეგია.

შესავალი

შედარებითი სტრატეგია დამოკიდებულია ბიზნესის მართვის ისეთ საკვანძო ფაქტორებზე, როგორცაა: კონკურენტუნარიანი ფასები და შესაბამისი ხარისხი, საქონლის (მომსახურების)

სამომხმარებლო ფასეულობა, თანამშრომლების პროფესიონალიზმი და ფორმირებული იმიჯი, რეპუტაცია და საკრედიტო ისტორია და ა.შ.

კონკურენტუნარიანობის შენარჩუნებისათვის საჭიროა შესაბამისი ინფორმაცია და გამოცდილება. უნდა არსებობდეს მოცემული ბიზნესის განვითარების კონცეფცია „შედარებითი კონკურენტული სტრატეგია“, რომელიც დაკავშირებული იქნება ბიზნესის მართვის თანამედროვე მეთოდების ძიება-შესწავლასა და პრაქტიკაში მათ დანერგვასთან. აღნიშნულ კონცეფციას „ბენჩმარკინგი“ (Benchmarking) ეწოდება და კონკურენტული დაზვერვის ნაირსახეობაა.

ნებისმიერი ბენჩმარკინგი გულისხმობს კონკურენტების პრაქტიკის საუკეთესოდ შესწავლას და ამის საფუძველზე, ეტალონური მოდელის შექმნას საკუთარი ბიზნესისთვის. იგი საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს და მოცემულ კომპანიაში გამოყენებულ იქნეს ის, რასაც სხვები უკეთ აკეთებენ, განისაზღვროს წარმატების საკვანძო ფაქტორები და სხვა.

ძირითადი ნაწილი

კონკურენტულ ბაზარზე შესვლის პირველი ეტაპია კონკურენტების შესწავლა. ვინაა უშუალო კონკურენტი? ვინაა ირიბი (სუბსტიტუტ-საქონლის მწარმოებელი)? ამის საუკეთესო საშუალებაა პირადად გავხედეთ კონკურენტების „კლიენტები“, შევიძინოთ მათი საქონელი, ვისარგებლოთ მათი მომსახურებით, საკუთარ თავზე გამოვცადოთ უშუალო კონკურენტების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

კონკურენტების მონიტორინგის რეკომენდაციებია:

1. ყოველთვის იქონიეთ და განახლეთ კონკურენტი კომპანიების ნუსხა. მონიტორინგისთვის შეადგინეთ დამატებითი სია თქვენთვის „საინტერესო“ მოთხოვნებზე. მაგალითად, გაქვთ ავეჯის ბიზნესი. თქვენთვის მთავარი პრობლემაა მისი რეალიზაცია;

2. პოპულარული საძიებო სისტემებით პერიოდულად შეაგროვეთ ინფორმაცია კონკურენტი კომპანიების სახელწოდების მიხედვით. თუ ცნობილია საკვანძო მენეჯერების სახელები და გვარები, შეაგროვეთ ინფორმაცია მათ შესახებ;

3. მოიძიეთ ინფორმაცია კონკურენტების გზავნილებზე;

4. მონაწილეობა მიიღეთ ბიზნესფორუმებში, სადაც კონკურენტები მონაწილეობენ;

5. რეგულარულად ჩაატარეთ მასობრივი ინფორმაციის საშუალებების, ვებპორტალებისა და Facebook გვერდების მონიტორინგი;

6. შეავსეთ მოთხოვნების სხვადასხვა ფორმა კონკურენტების საიტებზე, რითაც შეგეძლება თვალი ადევნოთ მათი საქმიანობის ოპერატიულობას, სერვისის დონესა და მომსახურების ხარისხს.

დავუშვათ, ფირმამ დაადგინა ძირითადი კონკურენტები, შეარჩია მიზნობრივი მომხმარებლების მიმართ განაწილების არხები და მარკეტინგული კომპლექსი. ეს არის ის სტრატეგიული ჯგუფი, რომლებსაც ენერგიულად შეუტევთ.

XX საუკუნის 90-იან წლებში მოტოციკლებისა და მოტოროლერების მწარმოებელი ცნობილი იაპონური ფირმა „ჰონდა“ (Honda) დიდ ინვესტიციებს ახანდებდა აშშ-ში ახალი ქარხნის მშენებლობაში, ამიტომ დროებით შეამცირა ნაწარმის გამოშვება ადგილობრივ ბაზარზე. მისმა კონკურენტმა „იამაჰამ“ (Yamaha) ჩათვალა, რომ დადგა ხელსაყრელი დრო და გამოუშვა ბაზარზე მოტოციკლების ახალი მოდელის სერია, პარალელურად დაიწყო აქტიური სარეკლამო კამპანია.

მიუხედავად მძიმე ფინანსური მდგომარეობისა, Honda-ს ტოპ-მენეჯმენტმა აღნიშნულ გამოწვევას მყის უპასუხა. შეამცირა უცხოური ინვესტიციების მოცულობა, ადგილობრივი ბაზრისკენ შემობრუნდა და ყოველ თვეს, ერთი წლის განმავლობაში, უშვებდა მოტოციკლის ახალ მოდელს. შედეგად, Yamaha-მ ვერ გაუძლო კონკურენტულ ბრძოლას და თავი დაანება აღნიშნულ საბაზრო სეგმენტს.

ეფექტიანი კონკურენტული სტრატეგიების დასამუშავებლად უნდა მივიღოთ მაქსიმალური ინფორმაცია კონკურენტების შესახებ. მუდმივად ვაკონტროლოთ საკუთარი პროდუქცია/მომსახურება, ფასების დინამიკა, გასაღების სტიმულირების არხები კონკურენტების ანალოგიურ მაჩვენებლებთან, რითაც გამოვავლენთ კონკურენტულ უპირატესობებს ან ნაკლოვანებებს.

ძირითადი კონკურენტების გამოვლენის პროცესში მარკეტოლოგებმა პასუხი უნდა გასცენ შემდეგ კითხვებს: რა არის კონკურენტის მიზანი? როგორია მისი ქცევა ბაზარზე? ამის შემდეგ კომპანიამ უნდა მიიღოს გადაწყვეტილება შეტევის

ან, პირიქით, საბაზრო სეგმენტის დაცვის შესახებ. თუ კონკურენტი ითვისებს ახალ სეგმენტს, ეს შეიძლება ჩაითვალოს შეტევის დასაწყისის კარგ შესაძლებლობად. თუ აღმოაჩენთ, რომ კონკურენტი ცდილობს თქვენს სეგმენტში შეღწევას, უნდა გადახვიდეთ თავდაცვით სტრატეგიაზე. „ვინც ინფორმირებულია, ის შეიარაღებულია“. ყველა ბაზრის მოთამაშე თავისებურად რეაგირებს კონკურენტის საპასუხო, ზოგი ნელა და სუსტად, ზოგი კი – დაუყოვნებლივ.

საავტომობილო ბაზარზე განვითარებული ტენდენციების დაგვიანებული შეფასების კლასიკურ მაგალითად ითვლება გასული საუკუნის 70-იანი წლების ამერიკული ავტომწარმოებლების „დიდი სამეულის“ (General Motors, Ford Motor Co., Chrysler) ცნობილი შემთხვევა. მსოფლიო ბაზარზე საწვავზე ფასების მკვეთრმა ზრდამ და საშუალო შემოსავლებისა და მცირერიცხოვანი ოჯახების სიმრავლემ საავტომობილო ბაზარზე მოთხოვნები მკვეთრად შეცვალა.

გაჩნდა მოთხოვნა მცირელიტრაჟიან ეკონომიკურძრავიან ავტომობილებზე. ვიდრე ზემოაღნიშნულმა ამერიკულმა კომპანიებმა მოახდინეს რეაგირება აღნიშნულ ცვლილებებზე, იაპონელებმა, სწრაფად შეისწავლეს რა აშშ-ის საავტომობილო ბაზრის განვითარების ტენდენციები, მყის უპასუხეს მოთხოვნებს და დაიკავეს ამერიკული ბაზრის მცირეგაბარიტიანი ავტომობილების ნიშა. სწორედ ამის შემდეგ დაიწყო პირველად ამერიკა-იაპონიას შორის ცნობილი სავაჭრო ომი და მოგვიანებით ამოქმედდა სანქციები.

ასევე მნიშვნელოვანი მომენტია დროული რეაგირება საბაზრო ცვლილებებზე. მაგალითად, სამხ-

რეთ კორეული კომპანია Samsung-ის ანალიტიკოსმა ამერიკულ ადგილობრივ გაზეთში შემთხვევით ამოიკითხა უკანასკნელი ამერიკული გიტარის მწარმოებელი ქარხნის დახურვის შესახებ და ეს ინფორმაცია გადასცა კომპანიის სათავო ოფისის ტოპ-მენეჯმენტს, რომლებმაც გაანალიზეს მიღებული ინფორმაცია და გადაწყვიტეს საწყობში არსებული გიტარების მარაგის სწრაფი და დაუყოვნებლივი ექსპორტირება აშშ-ში. მოლოდინმა გაამართლა, აშშ-ის მთავრობამ ტარიფები გაუზარდა იმპორტირებულ პროდუქტს, რათა ადგილობრივი მწარმოებლები წახალისებინა. მაგრამ სამსუნიგმა დაასწრო, მას უკვე უზარმაზარი მარაგი ჰქონდა შექმნილი ამერიკის ტერიტორიაზე, შესაბამისად ახალი ტარიფების შემოღებისთანავე მნიშვნელოვანი მოგება მიიღო.

საბაზრო „მოთამაშების“ ნაწილი რეაგირებს მხოლოდ გარკვეული სახის შემტევ ქმედებებზე მოწინააღმდეგის მხრიდან და ყველა დანარჩენს იგნორირებას უკეთებს. ზოგი სწრაფად და მკვეთრად პასუხობს კონკურენტის ყველა ქმედებას. ასევეა კომპანიები, რომლებიც ისეთ სტრატეგიულ მენეჯმენტს იყენებს, რომ მათი რეაქციებისა და სამომავლო გეგმების გათვლა რთულია.

ობიექტურობისთვის უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო პერიოდის ქართული ბაზრის მრავალ ბიზნესსეგმენტში კონკურენტის ინტენსივობა გაიზარდა. მაგალითად: საცალო ვაჭრობა შესაბამისი სავაჭრო ცენტრებით, სამედიცინო და სატრანსპორტო მომსახურების ბაზრები, სამშენებლო ბაზარი და ა.შ.

კონკურენტული სტრატეგიის მიხედვით ბიზნესობიექტები შეიძლება დავეყოთ საბაზრო ლი-

დერებად, პრეტენდენტებად, მიმდევრებად და იმობიექტებად, რომლებმაც უკვე მოიპოვა საკუთარი საბაზრო ნიშა.

ლიდერი არის მოცემული საბაზრო სეგმენტის ყველაზე მსხვილი წარმომადგენელი, რომელიც ფაქტობრივად განსაზღვრავს ბაზარზე „თამაშის წესებს.“ კონკურენციაში მათი ქმედებების ძირითადი სტრატეგიაა დაკავებული პოზიციების დაცვა. გამოყოფენ ლიდერი პოზიციის შენარჩუნების რამდენიმე შესაძლო სტრატეგიას:

- პოზიციური დაცვა – მიმართულია რთულად გადასალახი ბარიერების (ფასი, ლიცენზია და ა.შ.) შექმნაზე, აგრეთვე ინოვაციურ აქტივობაზე – „წინსწრება“ საქონლისა და ტექნოლოგიების განუწყვეტელი განახლების ხარჯზე;
- ფლანგური დაცვა – გულისხმობს ბაზარზე ბიზნესობიექტის ყველაზე „სუსტი ადგილების“ დაცვას, რომლებზეც შესაძლოა მიმართული იყოს კონკურენტების იერიშები;
- წინმსწრები დაცვა – „სუსტი სიგნალების“ მიხედვით წინასწარქმედების მართვას ნიშნავს;
- თავდაცვა კონტრიერიშით – ლიდერი იყენებს მაშინ, როდესაც წინადაცვითი ძალისხმევა უშედეგო აღმოჩნდა. ამ შემთხვევაში შეიძლება „დარტყმა“ მიაყენოთ კონკურენტის სუსტ ადგილებს. მაგალითად, გამოიყენოთ დემპინგი;
- მობილური დაცვა – მიმართულია ახალი ბაზრების დაპყრობაზე სამომავლო „პლაცდარმის“ შექმნის მიზნით;

- კუმშვადი დაცვა – დამყარებულია კონკურენტებისთვის სუსტი საბაზრო სეგმენტების დათმობაზე და, იმავდროულად, ძალისხმევისა და სახსრების მობილიზაციაზე ბაზრის უფრო მნიშვნელოვან და ძლიერ სეგმენტებში, რაც ეკონომიისა და რესურსების რაციონალური გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

ამრიგად, აქტიური და შემტევი ქმედებების გამოყენება ლიდერი კომპანიებისთვის დამახასიათებელი არ არის, ვინაიდან მათი ძირითადი მიზანია მოწინავე პოზიციების შენარჩუნება და არა კონკურენტების გასწრება.

პრეტენდენტი მისიწრაფვის ბაზარზე საკუთარი წილის ზრდისკვს. ამ მიზნით მიმართავს იერიშს ბაზრის ლიდერებზე, ცდილობს მათ გვერდით ადგილის დაკავებას და ლიდერის ჩანაცვლებას. აქ ასევე შეიძლება კონკურენტული ბრძოლის რამდენიმე ტიპური ტექნოლოგიის გამოყოფა:

- ფრონტალური იერიში – კომპლექსური ზემოქმედება კონკურენტის საბაზრო მდგომარეობაზე. ტარდება ერთდროულად მრავალი მიმართულებით (ასორტიმენტის განახლება, რეკლამა, ფასების შემცირება და ა.შ.) და ხასიათდება აქტიური ქმედებებით. ფლანგური იერიში მიმართულია კონკურენტების საქმიანობის მხოლოდ სუსტ ადგილებზე, სადაც ძალისხმევა გადატანილია უპირატესობის მოპოვებაზე;
- იერიში ალყაში მოქცევით – აიძულებს კონკურენტს თავი დაიცვას ყველა მიმართუ-

ლებით. გამოიყენება, როდესაც პრეტენდენტს აქვს პრეტენზია მოკლე ვადაში გატეხოს კონკურენტის წინააღმდეგობა და ნებისყოფა და დაიკავოს მისი პოზიცია;

- შემოვლითი იერიში – არაპირდაპირი შეტევის ნაირსახეობა, რომელიც დაკავშირებულია პოზიციების განმტკიცებასთან „შედარებით მარტივ“ ბაზრებზე საქმიანობის დივერსიფიკაციის, ახალი გეოგრაფიული სივრცეების ათვისების, ინოვაციების შემოღების და ა.შ. გზით;
- პარტიზანული (ე.წ. „გორილას“) იერიში მდგომარეობს მცირე პერიოდულ შეტევებში, კონკურენტის დემორალიზების, მასში ეჭვის განვითარების მიზნით. ასეთ სტრატეგიას ჩვეულებრივ იყენებენ მცირე ფირმები, რომლებიც ახლახანს შემოვიდნენ ბაზარში და მოკლე დროის განმავლობაში მოქმედებენ უფრო მსხვილი კონკურენტების წინააღმდეგ.

აღსანიშნავია, რომ იერიშის ყველა ზემოთ განხილული სტრატეგია, როგორც წესი, არის ძნელად განსახორციელებელი და საჭიროებს საკმაო რესურსებისა და ძალების კონცენტრაციას.

პრეტენდენტისგან განსხვავებით მიმდევარი არ ესწრაფვის საბაზრო წილის ზრდას. მიჰყვება რა ლიდერს, ხშირად მის ხარჯზე ზოგავს ძალებსა და სახსრებს. აგროვებს ინფორმაციას წარმატების საკვანძო ფაქტორებზე, ებულობს საუკეთესო კომპანიების გამოცდილებას და ფრთხილად იმყარებს პოზიციას ლოკალურ საბაზრო სეგმენტებში.

ზოგიერთ სფეროში კონკურენტი შეიძლება ჰარმონიულად მოქმედებდეს მაშინ, როდესაც იგივე კომპანია სხვებთან მიმართებით მუდმივ ბრძოლაში იმყოფება. სამომავლო რეაქციების ცოდნა მეტოქეებს აძლევს გასაღებს, გადაწყვეტილების მისაღებად როგორ იმოქმედოს – მოახდინოს შეტევა თუ პოზიციების დაცვა.

ბრძოლისას ხშირად ბიზნესაგენტები ერთნაირ ან განსხვავებულ სტრატეგიას ირჩევენ. აღნიშნული თამაშთა თეორიის სფეროს განეკუთვნება. მაგალითად, ქართული ლუდის ჩამომსხმელმა ფირმებმა – „ყაზბეგმა“ და „ნატახტარმა“ აირჩიეს შეჯიბრის ერთნაირი სტრატეგია – აწარმოებენ „საფასო ომს“, ე.ი. მიმართავენ ფასისმიერ კონკურენციას. ამისთვის ეტაპობრივად ამცირებენ ფასს.

თუ კონკურენტული ბრძოლა ჯანსაღია და მიმდინარეობს სამართლებრივი და ეთიკური ნორმების დაცვით – იმარჯვებს ძლიერი. სიძლიერე კი გამოიხატება წარმოებისა და რეალიზაციის მაღალ მასშტაბებში, მოწინავე ტექნიკასა და ტექნოლოგიების დანერგვის შესაძლებლობებში, მასალებისა და ნედლეულის შედარებით დაბალი ფასებით შეძენაში, რაც საბოლოოდ აისახება პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებაში. შედეგად, გაიმარჯვებს ის, ვისაც ნაკლები დაუჯდება ერთეული ნაწარმის წარმოება.

კონკურენციის პროცესში ერთ-ერთმა კომპანიამ შეიძლება შეცვალოს სტრატეგია და, სათანადო ანალიზის შემდეგ, აირჩიოს ბრძოლის განსხვავებული ტაქტიკა. *ო. ბისმარკის* მიხედვით „ისწავლე სამყაროს სხვანაირად ხედვა, ვიდრე შენი კონკურენტები ხედავენ“.

სემუელ ველტონი, Wal-Mart-ის მაღაზიების ქსელის დამფუძნებელი, ბიზნესმენების იმ კატეგორიას განეკუთვნება, ვინც სხვის (კონკურენტების) წარმატებებსა თუ წარუმატებლობებზე სწავლობს. მან შეიტყო, რომ უშუალო კონკურენტის, მსხვილი საცალო კომპანია „სიერს“-ის (Sears) მომხმარებელი უკმაყოფილო იყო ცალკეული პროდუქტების მარაგების შევსების პრობლემით, რაც სადისტრიბუციო სისტემის ხარვეზებზე მიუთითებდა. შედეგად, ველტონმა თავად შექმნა თანამედროვე სადისტრიბუციო ქსელური სისტემა საკუთარი ავტოპარკით, რომელიც კლიენტებს საჭირო დროს საჭირო სერვისით უზრუნველყოფდა. მოგვიანებით კი სურსათის ადგილზე მიტანის სერვისის ამუშავებით, მისი ონლაინგაყიდვები 40%-ით გაიზარდა. აღნიშნულმა სტრატეგიულმა გადაწყვეტილებებმა კომპანიას უზარმაზარი შემოსავალი მოუტანა და დღეს იგი ყველაზე დიდი ბრუნვის მქონე კორპორაციად ითვლება მსოფლიოში. 2019 წლის მონაცემებით, მსოფლიო მასშტაბით, კორპორაციების რეიტინგი ბრუნვის მიხედვით შემდეგნაირად გამოიყურება:¹

¹ Fortune, Global 500: Full List <http://fortune.com/global500/>

	კორპორაცია	ბრუნვა \$	ქვეყანა
1	Walmart	510,343	აშშ
2	Sinopec Group	414,953	ჩინეთი
3	Royal Dutch Shell	396,870	ნიდერლანდები
4	China National Petroleum	391,008	ჩინეთი
5	State Grid	387,056	ჩინეთი
6	Aramco	355,944	საუდის არაბეთი
7	BP	303,582	ინგლისი
8	Exxon Mobil	290,363	აშშ
9	Volkswagen	278,028	გერმანია
10	Toyota Motor	275,172	იაპონია

დასკვნა

შედარებითი კონკურენტული სტრატეგიის უნივერსალური მოდელი არ არსებობს. თითოეული კომპანია, დასახული მიზნებიდან, რე-

სურსებისა და შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ინდივიდუალურად არჩევს მისთვის მისაღებ სტრატეგიას.

ლიტერატურა

1. Baratashvili E. Comparative management in modern business. Tb.: “Business Engineering”. N 6. 2013, 42-48 pp. (In Georgian).
2. Baratashvili E., Bakashvili N., Faresashvili N., Gechbaia B., Meskishvili D. Modern business strategies. Tbilisi. 2011, 248 p. (In Georgian).
3. Otinashvili R., Ushveridze L. Competition in business. Monograph. Tbilisi. 2019, 230 p. (In Georgian).
4. Trompenaars F., Hampden-Turner C. Four types of corporate culture. Minsk. 2012, 320 p. (In Russian).
5. Kefalas A. Global business strategy: A systems approach. Zurich. 2008, 63-70 pp.
6. Porter M. Competitive strategy. Techniques for analyzing industries and competitors. 2008, 432 p.
7. URL: <http://www.afs.org/efil/old-activities/surveyjan98.htm>
8. URL: <http://fortune.com/global500/>

UDC 009.02

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-25-33>

Comparative competitive strategy

Ramaz Otinashvili Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M.
E-mail: r.otinashvili@gtu.ge

Reviewers:

M. Vanishvili, Professor, Faculty of Business Technology, GTU

E-mail: merabvanishvili@gtu.ge

A. Gvarutsidze, Associate Professor, Faculty of Engineering Economic, Media Technology and Social Sciences, GTU

E-mail: a.gvarucidze@gtu.ge

Abstract. The Comparative competitive strategy of a business depends on the introduction of modern management practices. According to competitive strategy, business objects can be classified as market leaders, challengers, followers, and objects, with own market niches. The key aspects of their competition are analyzed as well. It is noted that the competition strategies are difficult to implement and require a considerable amount of resources. Considering the examples of successful companies around the world, there is no universal model of competitive strategy for a particular business. Each firm must individually select the strategy that suits it, based on its goals, challenges, and opportunities.

Key words: Business; competition; management; strategy.

UDC 009.02

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-25-33>

Сравнительная конкурентная стратегия

Рамаз Отинашвили департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: r.otinashvili@gtu.ge

Рецензенты:

М. Ванишвили, профессор факультета бизнес-технологий ГТУ
E-mail: merabvanishvili@gtu.ge

А. Гваруцидзе, ассоциированный профессор факультета инженерной экономики, медиатехнологий и социальных наук ГТУ
E-mail: a.gvarucidze@gtu.ge

Аннотация. Сравнительная конкурентная стратегия бизнеса связана с поиском-изучением и внедрением современных управленческих практик. В соответствии с конкурентной стратегией бизнес-объекты классифицируются как: лидеры рынка, претенденты, последователи и объекты, которые уже занимают свою рыночную нишу. Анализируются основные аспекты их конкурентной борьбы. Отмечается, что конкурентные стратегии сложно реализуются и требуют значительных ресурсов, а так же концентрацию сил. На примерах успешных компаний по всему миру отмечается, что не существует универсальной модели стратегии для конкретного бизнеса. Каждая фирма, исходя из своих целей, задач и возможностей, индивидуально выбирает стратегию, которая ей подходит.

Ключевые слова: бизнес, конкуренция, стратегия, управление.

განხილვის თარიღი 06.07.2020

შემოსვლის თარიღი 13.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 025.45/46

SCOPUS CODE 1403

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-34-57>

„ციფრული ეპოქა“ და პროფორიენტაციის პრობლემები უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინგენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესში

მერაბ მიქელაშვილი ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: m.mikelashvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. ჩიკვილაძე, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: n.chikviladze@gtu.ge

ირ. მამალაძე, სტუ-ის საინჟინრო ეკონომიკის, მედიატექნოლოგიებისა და სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: I.Mamamladze@gtu.ge

ანოტაცია. ციფრულ საზოგადოებაზე გადასვლა გულისხმობს განათლების სისტემის კარდინალურ ცვლილებას. ამ ამოცანის გადასაჭრელად ტრადიციულ საკითხებთან ერთად, რომელიც ეხება სწავლებისა და აღზრდის მიზნებს, შინაარსს, მეთოდებსა და ფორმებს, დღის წესრიგში დგება შეკითხვა – ვის ვასწავლით? მსოფლიო ბანკმა შეისწავლა თანამედროვე მოზარდების ურთიერთქმედება სოციუმსა და ინფორმაციულ ნაკადებთან. ექსპერტები თანხმდებიან იმაზე, რომ „ციფრული ეპოქის“ თაობისთვის სასიცოხლოდ აუცილებელია სხვადასხვა შემეცნებით საქმიანობაში ჩართვა იმ მიზნით, რომ ადეკვატურად შეაფასონ საკუთარი პიროვნება, გაი-

აზრონ ცხოვრების სტრატეგია და ჩამოიყალიბონ თვითრეალიზაციისთვის მზადყოფნა [1].

„ციფრული ადამიანის“, როგორც მომავალი სტუდენტის პროფორიენტაცია საკმაოდ რთული და კომპლექსური პრობლემაა. იგი გულისხმობს პიროვნების არა მხოლოდ პროფესიულ, არამედ სოციალურ, ფსიქოლოგიურ, ეკონომიკურ და პედაგოგიურ კვლევას, აქტუალურს ხდის მის შესწავლას თაობათა თეორიის პრიზმაში, რომელიც მათ დიფერენციაციას ახდენს არა ასაკობრივი, არამედ ღირებულებითი ორიენტაციების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ემოციური ინტელექტი; თაობების თეორია; თაობა Z; კლიპური აზროვნება; პროფორიენტაცია; „ციფრული ადამიანი“.

შესავალი

ტერმინი „პროფესიული ორიენტაცია, პროფორიენტაცია“ ეტიმოლოგია გამომდინარეობს ორი სიტყვისგან: ლათინური *professio* — საქმიანობის სახე და ფრანგული *orientation* — ორიენტაცია. აქედან გამომდინარე, პროფესია შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც ადამიანის საქმიანობის სახე, რომელიც ფლობს სპეციალურ თეორიულ ცოდნასა და პრაქტიკულ უნარებს, შეძენილს სპეციალური მომზადების ან სამუშაო გამოცდილების საფუძველზე.

ფრანგული სიტყვა «*orientation*» სათავეს იღებს ლათინური «*oriēns*», რომელიც აღნიშნავს ადგილის განსაზღვრას ან რაიმეს მოქმედების, საქმიანობის, ინტერესის მიმართულებას. აქედან გამომდინარე, ლოგიკურად სიტყვა „ორიენტირება“ უნდა გავიაზროთ, როგორც გარემომცველ სივრცეში სუბიექტის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა. შესაბამისად, პროფორიენტაცია უნდა განვიხილოთ, როგორც მეცნიერულად დასაბუთებული ღონისძიებების სისტემა, რომელიც მიმართულია ახალგაზრდების მომზადებისაკენ პროფესიის არჩევის რთულ პროცესში, აგრეთვე ახალგაზრდობის დახმარებისკენ პროფესიული თვითგამორკვევისა და შრომითი მოწყობის მიმართულებით.

ციფრულ ეკონომიკაზე გადასვლის პირობებში მსოფლიო მასშტაბით ადგილი აქვს სოციალურ-ეკონომიკური ღირებულებების გადაფასებას, რომელიც აისახება განათლების სფეროზე, მის დამოკიდებულებაზე საზოგადოებასთან, შრომის ბაზართან, კულტურასთან, ადამიანთან - შედეგად

საზოგადოების და მთლიანად ცივილიზაციის ეკონომიკურ, ზნეობრივ და სულიერ პოტენციალთან.

ძირითადი ნაწილი

საბაზრო ურთიერთობების განვითარება კარდინალურად ცვლის შრომის შინაარსსა და ხასიათს - იზრდება მისი ინტენსივობა, უფრო მომთხოვნი ხდება დამსაქმებლის დამოკიდებულება დასაქმებულის პროფესიონალიზმის მიმართ.

ჯონ დიუის აზრით, „განათლება კულტურის, სულიერი საზრდოს გადაცემის, აღზრდის, განვითარების პროცესია. ეტიმოლოგიურად სიტყვა „განათლება“ აღზრდისა და გაძლიერების პროცესს აღნიშნავს. როდესაც ვსაუბრობთ ამ პროცესის შედეგებზე, ვგულისხმობთ განათლებას, როგორც პიროვნების ჩამოყალიბების, ფორმირების ხელშეწყობისკენ მიმართულ საქმიანობას ანუ საქმიანობას, რომელიც სოციალური ქმედების სტანდარტული ფორმისთვის მორგებას გულისხმობს [2].

აქედან გამომდინარე, დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ახალგაზრდა თაობის მიზანმიმართულ პროფორიენტაციას, რომელიც ეფუძნება ყველა ძირითადი ფაქტორის ცოდნას, განსაზღვრავს პიროვნების პროფესიული განზრახვების ფორმირებასა და რეალიზაციის გზებს.

პროფესიული ორიენტაცია მეცნიერულად დასაბუთებული სოციალურ-ეკონომიკური და ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიური ღონისძიებების სისტემაა, რომელიც მიმართულია პროფესიის არჩევის პროცესში ახალგაზრდობის დასახმარებლად საკუთარი მიდრეკილებებისა და უნარების, პროფესიუ-

ლი და შემეცნებითი ინტერესების გამოვლენისა და განვითარებისკენ.

იმავედროულად პროფესიული ორიენტაცია მრავალასპექტიანი სისტემაა, რომელიც თავის თავში შეიცავს პიროვნების ფსიქოფიზიოლოგიურ თავისებურებებს და ეკლექტური კურსების ორგანიზებას.

შეიძლება გამოვყოთ პროფორიენტაციული სამუშაოების შემდეგი ასპექტები: სოციალური, ეკონომიკური, ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიური.

სოციალური ასპექტი მდგომარეობს პროფესიული თვითგამორკვევის პროცესში ახალგაზრდობის ღირებულებითი ორიენტაციის ფორმირებაში, რომლის დროსაც აქცენტი კეთდება ამა თუ იმ სფეროს მუშაკის კვალიფიკაციისა და მოთხოვნების შესწავლაზე;

ეკონომიკური ასპექტი ითვალისწინებს ახალგაზრდობის მიერ პროფესიის არჩევის მართვას, საზოგადოების მოთხოვნებისა და პიროვნების შესაძლებლობების შესაბამისად (შრომის ბაზრის შესწავლა);

ფსიქოლოგიურ-პედაგოგიური ასპექტი გულისხმობს პიროვნების სტრუქტურის შესწავლას და პროფესიული მიმართულების ფორმირებას (გააზრებული არჩევანის უნარი).

უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე საგანმანათლებლო სივრცეში იზრდება უმაღლესი სასწავლებლების საშუალო სკოლების მოსწავლეებთან გაწეული პროფორიენტაციული სამუშაოების პედაგოგიური და პროფესიონალური მნიშვნელობა. ამ მიმართულებით მუშაობის მთავარი დანიშნულებაა მოსწავლეების პროფესიული არჩევანის ფორმირება.

პროფესიული არჩევანის დასაბუთებულობა სამართლიანად ითვლება ამ სამუშაოების ეფექტურობის შეფასების მთავარ კრიტერიუმად. მაგრამ, ეს კრიტერიუმი განპირობებულია პროფესიული ორიენტაციის სამუშაოების ძირითადი მიმართულებების რეალიზაციით. დასაბუთებულობის მაჩვენებელი პროფესიის მოთხოვნებისა და ადამიანის ინდივიდუალური შესაძლებლობების შედარების უნარია.

პროფესიული ორიენტაციის გაძლიერების ყველაზე ეფექტურ მეთოდად უნდა იქცეს უნივერსიტეტების აკადემიური პერსონალის მოსწავლეების სწავლებისა და აღზრდის პროცესში ჩართულობის მოცულობისა და ხარისხის ამაღლება. განსაკუთრებული აქცენტი გადატანილი უნდა იქნეს მე-9–12 კლასის მოსწავლეებზე, რომელთათვისაც ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში ტარდება ლონისძიებები პროფესიული უნარების ფორმირებისა და თვითგამორკვევის მიმართულებით.

პროფესიული ორიენტაციის სამუშაოების სისტემის ელემენტებია:

- პროფილური სწავლება, რომელიც მიმართულია შრომის ბაზრის მიმდინარე ან მოსალოდნელი მოთხოვნილებების გათვალისწინებით, საქმიანობის ამა თუ იმ სახეებისადმი პიროვნების მიდრეკილებისა და ტალანტის გამოვლენისკენ;
- საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში პრაქტიკული მეცადინეობებისა და კვლევითი სამუშაოების მოცულობის ზრდა;

- მოსწავლეებისათვის პროფესიული უნარების ფორმირება, რომელიც მოთხოვნადი იქნება მათ მომავალ პრაქტიკულ საქმიანობაში;
- მოსწავლეებისთვის სისტემური და სრულფასოვანი დახმარების აღმოჩენა პროფესიის არჩევის გზაზე – ბავშვობის პირველი ინტერესიდან უმაღლესი სასწავლებლის არჩევის ჩათვლით;
- განათლების მიღების პროცესში საინტერესო და მრავალფეროვანი გარემოს შექმნა სოციალური პარტნიორების რაც შეიძლება ფართო წრის მოზიდვის გზით – ეს შეიძლება იყოს ინტერესთა მიხედვით არსებული გაერთიანებები, წარმატებული სპეციალისტები და პრაქტიკოსები, მიზნობრივი პროფესიული ექსპურსიები, სკოლებში პროფილური სახელოსნოები და სხვა.

მიმდინარე ეტაპზე საგანმანათლებლო დაწესებულებას უნდა შეეძლოს საგანმანათლებლო მომსახურების ბაზარზე მდგრადი ადგილის მოპოვება ღონისძიებათა კომპლექსის განხორციელების საშუალებით. პროფესიისთვის მომზადების ადრეულ ეტაპზე პროფესიული მომავლის სხვადასხვა ასპექტის შესახებ ნათელი წარმოდგენის ქონა ზრდის პიროვნების პასუხისმგებლობას გასაველი პროფესიული გზის მიმართ, განაპირობებს საკუთარი პროფესიული განვითარების სტრატეგიას, მობილიზაციას უკეთებს პიროვნულ პოტენციალს პროფესიონალად ჩამოყალიბების პროცესში.

როგორც ყველა სოციალური პროცესი, პროფორიენტაციაც ორ მხარეს შეიცავს. პირველ რიგში აღსანიშნავია პროფორიენტაციის სუბიექტი – მოსწავ-

ლე, რომელიც ცდილობს გაერკვეს საკუთარ არჩევანში, თუ ვინ უნდა იყოს და რა საქმიანობით დაკავებული. უფრო ხშირად, სუბიექტი ფიქრობს, რომ იცის თუ რაზე უნდა შეაჩეროს არჩევანი. იმავდროულად ის არ აანალიზებს საკუთარ მიდრეკილებებსა და უნარებს და მხოლოდ მოდური პროფესიების სასარგებლოდ აკეთებს არჩევანს.

მეორე მხრივ, პროფესიული ორიენტაციის პროცესში ამა თუ იმ ფორმით ჩართული უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებები აბიტურიენტებისათვის კონკურენტულ ბრძოლაში მონაწილეობენ. თუმცა, ყველაზე ხშირად, უნივერსიტეტების მხრიდან, როგორც წესი, პროფორიენტაცია შემოიფარგლება სხვადასხვა მედიაში, უნივერსიტეტში არსებული სპეციალობების ფორმალური ნუსხით.

სინამდვილეში, მოსწავლისთვის პროფესიის არჩევის რთული პროცესი არის არც მეტი და არც ნაკლები მომავლის არჩევის ურთულესი ეტაპი და იქიდან გამომდინარე, რამდენად სწორად მოახდენს საკუთარ არჩევანს, იმდენად წარმატებული და ფსიქოლოგიურად კომფორტული იქნება მისი მომავალი.

პროფორიენტაციის პროცესში მონაწილეობის ყველაზე ცხადი და მარტივი საშუალებაა უმაღლესი სასწავლებლების აკადემიური პერსონალის კომპეტენციების გამოყენება მოსწავლეების მხრიდან მომავალი პროფესიის არჩევის პროცესში.

ერთი შეხედვით ამ ამოცანის სიმარტივე მოჩვენებითია, რადგან ბევრი ობიექტური და სუბიექტური წინააღმდეგობების გადალახვაა საჭირო სასურველი შედეგის მისაღწევად. იმის გათვალისწინებით, რომ ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში

რთულია მოსწავლეების სასწავლო პროცესისგან მოწყვეტა და პროფორიენტაციისთვის თავისუფალი აკადემიური საათების გამოძებნა, მიზანშეწონილია ეს პროცესი გადატანილ იქნეს უნივერსიტეტებში. ამ გზით შეიძლება რამდენიმე პრობლემის გადაწყვეტა – მოსწავლე ეცნობა და ეჩვევა საუნივერსიტეტო გარემოს, მასწავლებლის გარდა ეცნობა და ეკონტაქტება უნივერსიტეტის აკადემიურ პერსონალს – პროფესორებს, ანალიზებს საკუთარ პიროვნულ კომპეტენციებს მისთვის სრულიად უცხო გარემოში.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ პროფორიენტაციის მიზნობრივი ჯგუფები, მაღალი კლასის მოსწავლეები საკმად გადატვირთული არიან ეროვნული სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული სასწავლო დისციპლინებით, ამას ემატება დამატებითი ფაკულტატიური მეცადინეობები. შესაბამისად პროფორიენტაციისთვის რჩება ორი სივრცე – დასვენების დღეები (შაბათი-კვირა) და არდადეგები.

ასევე გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ სასწავლო პროგრამით გათვალისწინებული საგნების სწავლით გადატვირთული მოსწავლეები მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეიძლება დაინტერესდნენ უნივერსიტეტების მხრიდან შემოთავაზებული პროგრამით, თუ ეს პროგრამა შინაარსისა და, შესაბამისად, ამ შინაარსის შედეგად გაჩენილი ინტერესის გამო მათ უბრალოდ სხვა არჩევანს არ დაუტოვებს.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ უნივერსიტეტებს ამ პროცესის წარსამართად სჭირდება საინტერესო, არასტანდარტული და შემეცნებითი ღონისძიებების დაგეგმვა და ორგანიზება.

ადრეული პროფესიული ორიენტაციისა და მოსწავლეების მოზიდვის მიზნით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტზე 2019 წლის თებერვლიდან სტარტი მიეცა „ახალგაზრდა მეწარმეთა ცენტრის“ ფუნქციონირებას.

„ახალგაზრდა მეწარმეთა ცენტრი“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის საგანმანათლებლო პლატფორმაა, სადაც გამოცდილი პროფესიონალები სკოლის მოსწავლეებს საკუთარი წარმატების ისტორიის შექმნაში ეხმარებიან.

სასწავლო პროგრამა შემდეგ საკითხებს მოიცავს: ბიზნესის არსი, ბიზნესიდეა, ფული, ფინანსები, მენეჯმენტი, მარკეტინგი, ეკონომიკის არსი, ორატორული ხელოვნება, ლიდერობა, საქმიანი ეტიკეტი, ემოციური ინტელექტი, კრიტიკული აზროვნების საფუძვლები.

ცენტრის მიზანია სკოლის მოსწავლეთა ეკონომიკური და ფინანსური წიგნიერების დონის ფორმირება, სამეწარმეო უნარების დაუფლების გზით თვითრეალიზაციის მოტივაციის ამაღლება, სამეწარმეო საქმიანობის არსის გაცნობიერება და პოპულარიზაცია, სამეწარმეო განათლების დონის ამაღლება და წარმატებული მეწარმეობის გამოცდილების გაზიარება, სამეწარმეო საქმიანობისადმი შემეცნებითი ინტერესის ამაღლება და სტიმულირება, უფროსკლასელთა შემოქმედებითი უნარების განვითარება მოსწავლეთა პიროვნული, ინტელექტუალური და სოციალური მზაობის უზრუნველყოფა არსებულ გამოწვევებთან მიმართებაში.

ცენტრის მისიაა მოზარდების დახმარება, ირწმუნონ საკუთარი თავი უნივერსალური კომპეტენციების და უნარების დაუფლების გზით სწავლების პროცესში, ასევე ქართული მეწარმეობის კულტურისა და მენტალობის ფორმირების ხელშეწყობა სამეწარმეო განათლების გზით;

ცენტრის ამოცანაა მოზარდებს ჩამოუყალიბოს მყარი წარმოდგენა მომავალ პროფესიაზე და დაეხმაროს მათ პროფესიის არჩევის პროცესში სწორი და გააზრებული არჩევანის გაკეთებაში.

ცენტრის ფილოსოფია ეფუძნება ღიაობის, ლიდერობის და პარტნიორობის პრინციპებს. იგი მიმართულია მოზარდებში ისეთი ზოგადი თვისებებისა და უნარების განვითარებაზე, როგორც არის თავდაჯერებულება, კომუნიკაბელურობა, კონფლიქტის გადაჭრის უნარი, დამოუკიდებლობა, ყურადღების კონცენტრაცია, დროის მენეჯმენტი და თვით ორგანიზაცია [3].

ახალგაზრდა მეწარმეთა ცენტრი ახორციელებს საგანმანათლებლო და პრაქტიკულ საქმიანობას შემდეგი მიმართულებით: ცენტრის საქმიანობის პროფილის შესაბამისი მოკლევადიანი სასწავლო/პრაქტიკული კურსების განხორციელება; ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის მომავალ სტუდენტთა ბაზის ფორმირების ხელშეწყობა ფაკულტეტის შესაბამის სამსახურებთან კოორდინირებული საქმიანობით; ბიზნესის ადმინისტრირების მენეჯერის, როგორც პროფესიის პოპულარიზაცია; ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის სტუდენტების – დოქტორანტებისა და მაგისტრანტების ჩართვა ცენტრის საქმიანობაში.

2019 წელს გამართულ საგაზაფხულო და საშემოდგომო სესიებზე ექსპრესკურსი „რა არის ბიზნესი“ თბილისისა და რუსთავის სხვადასხვა სკოლის 150 მოსწავლემ გაიარა, რომლებსაც სპეციალური სერტიფიკატები გადაეცათ. ექსპრესკურსი არის სოციალური პროექტის ერთთვიანი კურსი, რომლის მიზანია ახალგაზრდებს, რომლებიც პერსპექტივაში შეიძლება გახდნენ ბიზნესის ადმინისტრირების საბაკალავრო საფეხურის სტუდენტები, შეასწავლოს ბიზნესის საფუძვლები და ციფრულ ეპოქაში კონკურენტუნარიანობისთვის საჭირო ზოგიერთი უნარი, რაც სამომავლოდ აუცილებლად გამოადგებათ პროფესიის უკეთ დაუფლებაში.

ცენტრის პროგრამაში გათვალისწინებულია თვითიდენტიფიკაციის, მიდრეკილებებისა და უნარების შეფასების, ასევე სამოტივაციო ელემენტები.

მიმდინარე ეტაპზე მუშავდება ცენტრის პროგრამის ახალი მოდული, რომელიც შემდეგი სქემით შეიძლება წარმოვიდგინოთ:

- საკუთარი ბიზნესი – „აქ და ახლა“ მიზანი მოტივაციის ამაღლება საკუთარი ბიზნესის დასაწყებად და, შესაბამისად, ბიზნესის ადმინისტრირებაში აკადემიური განათლების მისაღებად;
- დროის მენეჯმენტი – საკუთარი დროის მართვა;
- გუნდური მუშაობის ელემენტები;
- ლიდერი და ლიდერობა;
- თქვენი საკუთარი ბიზნესმოდელი – ბიზნესგეგმის შედგენის ელემენტები;

- ფულის რაობა და საკუთარი ფინანსების მართვა ;
- მარკეტინგი – გაყიდვების ხელოვნება;
- პიროვნების დიზაინი – კრეატიული და კრიტიკული აზროვნება, ემოციური ინტელექტი;
- ჩემი ადგილი პროფესიების სამყაროში;
- მოგზაურობა ეკონომიკაში;
- ბიზნესის მორალი და საქმიანი ეტიკეტი;
- რა ვიციტ ორატორულ ხელოვნებაზე.

როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, აღნიშნული თემატიკა მოსწავლეებში უდიდეს ინტერესს იწვევს და ამალღებს ფაკულტეტისა და უნივერსიტეტის მიმზიდველობას როგორც ჩვენთვის საინტერესო მიზნობრივ აუდიტორიაში, ისე ზოგადად საზოგადოებაში.

სასწავლო პროგრამის ფორმატი ითვალისწინებს ექვსკვირიან სასწავლო პროგრამას – კვირაში ერთხელ, შაბათობით მოსწავლეებთან სამსაათიანი შეხვედრა იმართება, რომელიც ინტერაქტიურ რეჟიმში მიმდინარეობს.

შეიძლება ფიქრი ახალ ფორმატზე, რომლის განხორციელება შესაძლებელი იქნება საზაფხულო არდადეგების დროს, ივლისის თვეში, დაინტერესებული მოსწავლეებისთვის და რომელსაც პირობითად შეიძლება „ბიზნესარდადეგები“ ეწოდოს. ამ უკანასკნელის განხორციელების პროცესში შეიძლება აქტიურად ჩაერთონ ფაკულტეტის სტუდენტები – ძირითადად დოქტორანტები და მაგისტრანტები, რომელთათვისაც ეს პროცესი კვალიფიკაციის ამალღების შანსი იქნება. თავისთავად სტუდენტები პირადი მაგალითით დაამტკიცებენ იმ უმაღლესი

სასწავლებლის წარმატებულობასა და ხარისხს, სადაც სწავლობენ.

საინტერესო იქნება, თუ „ახალგაზრდა მეწარმეთა ცენტრის“ ბაზაზე განხორციელდება შემდეგი აქტივობები:

- ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლების მოსწავლეებისთვის ოლიმპიადა „ბიზნესის ანბანის“ ყოველწლიურად მომზადება და ჩატარება;
- პლატფორმის შექმნა მოსწავლეთა start-up პროექტების განსახილველად და პრაქტიკული დახმარების აღმოსაჩენად;
- ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმების გაფორმება ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებთან პროფორიენტაციის ერთობლივად განხორციელების მიზნით;
- ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში ეროვნული სასწავლო გეგმით გათვალისწინებული საგან „მეწარმეობის“ სწავლის პროცესში უნივერსიტეტის აკადემიური პერსონალის ჩართულობის უზრუნველყოფა;
- მასტერკლას „ბიზნესის მენეჯერობა – ჩემი მომავალი პროფესიის“ მომზადება და პერიოდულად ჩატარება როგორც უნივერსიტეტის, ისე სკოლების ბაზაზე;

უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინგენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესში უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება უნივერსიტეტის მარკეტინგულ საქმიანობას, რომელიც მიმართული უნდა იყოს არა მხოლოდ აბიტურიენტების, არამედ ინვესტორებისა და დამსაქმებლების მოსაზიდად. აღნიშნულ მიზნობრივ ჯგუფებზე ეფექტური ზემოქმედე-

ბისათვის აუცილებელია ინოვაციური მარკეტინგული მიდგომა [4].

ინოვაციური მარკეტინგი არის მარკეტინგის კონცეფცია, რომლის თანახმადაც ორგანიზაცია მუდმივად და უწყვეტად უნდა ახდენდეს მარკეტინგული მეთოდებისა და პროდუქტების სრულყოფას.

ჩვენ მიერ შერჩეულ საგანმანათლებლო მომსახურების მომხმარებელთა მიზნობრივ ჯგუფებზე ეფექტური ზემოქმედების თვალსაზრისით, აუცილებელია გამოვეყნოთ ყველაზე მოქმედი მარკეტინგული ინსტრუმენტი, რომელიც თავის თავში გულისხმობს ინოვაციურ მიდგომებს.

➤ **საგანმანათლებლო პროგრამების მოდერნიზაცია**

განათლების სისტემა ადეკვატურად უნდა ასახავდეს ყველა ცვლილებას, რომელიც მიმდინარეობს სწრაფცვალეზად სამყაროში, „ციფრული ეპოქის“ თავისებურებების გათვალისწინებით. მისი მთავარი მახასიათებელი უნდა იყოს მოქნილობა და პასუხობდეს უნივერსიტეტების ეკონომიკაში ინტეგრაციის ამოცანებს;

➤ **თანამედროვე მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის უზრუნველყოფა**

ფუნდამენტური და გამოყენებითი მეცნიერების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის განვითარება და სამეცნიერო კვლევების პროცესში ინფორმაციული ტექნოლოგიების ფართო გამოყენება, ელექტრონულ რესურსებზე სრული ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა;

➤ **ინოვაციური პლატფორმებისა და მოედნების შექმნა**

ბიზნესინკუბატორების, ბიზნესლაბორატორი-

ბისა და ტექნოპარკების შექმნა აბიტურიენტებში, დამსაქმებლებსა და ინვესტორებში უნივერსიტეტის მიმზიდველობის ზრდის უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტი. ასეთი ინოვაციური პლატფორმების არსებობა სტუდენტებს არა მხოლოდ კვლევების ჩატარების საშუალებას აძლევს, არამედ უყალიბებს გადაწყვეტილების მიღებისა და საკუთარ პროექტებზე აბსოლუტური პასუხისმგებლობის უნარს, ასევე აძლევს საკუთარი საქმის დაწყებისა და განვითარების შანსს. ამასთან, ზემოაღნიშნული პლატფორმები მხოლოდ სტუდენტებისთვის არა უნდა იყოს ხელმისაწვდომი, ის ღია უნდა იყოს უნივერსიტეტის კურსდამთავრებულებისთვის, დამსაქმებლებისა და აკადემიური პერსონალისთვის, რომელთაც დღევანდელი აიძულებს იყვნენ „პრაქტიკოსები“. ასეთი ინოვაციური პლატფორმები ქმნის უნივერსიტეტის რეპუტაციას ბიზნესმენებსა და ბიზნესის სამყაროში;

➤ **ბიზნესსამყაროსთან**

ურთიერთთანამშრომლობის განვითარება

ბიზნესსამყაროსთან ზემომოტანილი პლატფორმების გარდა ურთიერთთანამშრომლობა შეიძლება განხორციელდეს სტაჟირების პროგრამებისა და სხვადასხვა კომპანიის მიერ უნივერსიტეტში თემატური კურსების ორგანიზების გზით. ეს სტუდენტებს საშუალებას აძლევს გაიღრმავონ ფუნდამენტური ცოდნა და ამასთან შეიძინონ პრაქტიკული უნარები, ხოლო დამსაქმებლებს შანსი ეძლევათ მოიძიონ საკუთარი ბიზნესისთვის საჭირო ადამიანური რესურსი;

➤ **საერთაშორისო თანამშრომლობა**

საერთაშორისო თანამშრომლობა გულისხმობს

მსოფლიოს სხვადასხვა უნივერსიტეტსა და საგანმანათლებლო პროფილის ასოციაციებთან თანამშრომლობას (AACSB – ბიზნესგანათლების ალიანსი, CEEMAN – ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის მენეჯმენტის განვითარების ასოციაცია, EUA – ევროპული უნივერსიტეტების ასოციაცია, NASPAA – საჯარო მმართველობისა და ადმინისტრირების სკოლების ასოციაცია, IAU – უნივერსიტეტების საერთაშორისო ასოციაცია, BSUN – შავი ზღვის უნივერსიტეტების ქსელი, EHEA – უმაღლესი განათლების ევროპული სივრცე [5-11]) – სტუდენტებისა და აკადემიური პერსონალის გაცვლის, ორმაგი დიპლომის პროგრამების, საერთაშორისო სამეცნიერო და სტუდენტური კონფერენციების ჩატარებისა და გამოცდილების გაზიარების მიმართულებით. ეს ყველაფერი მნიშვნელოვნად ზრდის უნივერსიტეტის მიმზიდველობის ხარისხს.

უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესის წარმატება დამოკიდებულია იმის ცოდნაზე, თუ რამდენად კარგად ვიცნობთ ამ პროცესის მთავარ სუბიექტს – „ციფრული ეპოქის“ თაობას.

თაობა, ისტორიულ-პოლიტიკური გაგებით, არის დროებით ფორმირებული ერთობა / თემი კონკრეტულ ისტორიულ მონაკვეთში [12]. ისტორიულად ცნობილია თაობათა ოთხ ციკლად კლასიფიკაციისა და სახელდების გამოცდილებაც. ერთ-ერთმა პირველმა ამგვარი ციკლი შუა საუკუნეების არაბმა მოაზროვნე აბდურახმან იბნ ხალდუნმა (1332–1406) აღწერა. მან სხვადასხვა სახელმწიფოსა და დინასტიის ციკლები შეისწავლა და თაობათა სახელდება შემდეგნაირად მოახდინა: „დამაარსებელი“, „გამგრძე-

ლებელი – დამაარსებლის შვილი“, „იმიტატორი – შვილიშვილი“ და „დამანგრეველი – შვილთაშვილი“ [13-15].

„თაობების თეორიის“ თანახმად, თაობის იდენტიფიცირება შეიძლება სამი კრიტერიუმის დაკმაყოფილების შემთხვევაში:

- უპირველეს ყოვლისა, ერთი თაობის წარმომადგენლები უნდა ცხოვრობდნენ ერთ ისტორიულ ეპოქაში, უნდა იყვნენ თანაზიარი ერთგვაროვანი საკვანძო ისტორიული მოვლენებისა და სოციალური გარემოსი;
- მეორე მხრივ, ისინი უნდა იზიარებდნენ ზოგადქცევის მოდელებს და რწმენას;
- ასევე, იციან რა საკუთარი თანატოლების თავისებურებები, თაობის წარმომადგენლები იზიარებენ მოცემული თაობისადმი კუთვნილების ფაქტს.

წინა თაობა თავისი მოღვაწეობით დღევანდელი თაობის ფორმირებას ახდენს, ხოლო ეს უკანასკნელი გავლენას ახდენს მომავალი თაობის ფორმირებაზე. შესაბამისად, იმის გასაგებად, თუ როგორ ხდება ცოდნის, მსოფლმხედველობისა და უნარების ერთი თაობიდან მეორეზე გადაცემა, როგორ ხდება საზოგადოების განვითარება, სხვადასხვა თაობის თანაცხოვრება, აუცილებელია ამ ფენომენის შესწავლა.

1991 წელს ცნობილმა ამერიკელმა ეკონომისტმა და დემოგრაფმა ნილ ჰოვმა და ისტორიკოსმა უილიამ სტრაუსმა ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად შექმნეს ე.წ. „თაობების თეორია“. მათ დაასაბუთეს, რომ არსებობს განსაზღვრული პერიოდი, რომლის განმავლობაში მცხოვრები ადამიანების უმ-

რავლესობას იდენტური ღირებულებები აქვთ – ასეთ პერიოდებს სოციალური თაობები ეწოდა [16-17]. მათი აზრით, ისტორია ვითარდება ციკლურად, რომელთა ხანგრძლივობა დაახლოებით ადამიანის სიცოცხლის ხანგრძლივობის ტოლია (80–90 წელი), ამასთან ციკლი შედგება ოთხი პერიოდისაგან და თითოეული პერიოდისთვის დამახასიათებელია საზოგადოებაში მიღებული გარკვეული ღირებულებები.

თაობების თეორიის თანახმად, ისინი იცვლებიან იმავე პრინციპით, როგორც ადამიანის ცხოვრების ეტაპები. თავიდან იწყება „აღმართი“, როცა ინსტიტუტები ძლიერია, ხოლო ინდივიდუალიზმი სუსტი, შემდეგ მოდის „გამოღვიძება“, როცა ინსტიტუტებს სწირავენ ინდივიდუალიზმის გაძლიერების ხარჯზე, მესამე ფაზას უწოდებენ „რეცესიას“, როცა ინსტიტუტები სუსტია და ინდივიდუალიზმი ბატონობს. ფინალურ სტადიაზე, რომელსაც უწოდებენ „კრიზისს“, ინსტიტუტები ინგრევა და ადამიანები ერთიანდებიან ახალი ინსტიტუტების შესაქმნელად. ამის შემდეგ თავიდან იწყება „აღმართის“ ეტაპი [18-19].

თაობების თეორიის ავტორებმა გამოყვეს ოთხი არქეტიპი და განსაზღვრეს ისინი, როგორც „იდელისტები“, „რეაქტიულები“, „სამოქალაქო“ და „ადაპტირებულები“. თავიანთ ნაშრომში „მეოთხე მოსახვევი“ [20] მათ შეცვალეს ტერმინოლოგია და თაობებს უწოდეს „წინასწარმეტყველები“, „მომთაბარეები“, „გმირები“ და „ მხატვრები“. თაობა, რომელიც ერთ არქეტიპს მიუკუთვნება გამორჩეულია არა მარტო იდენტური ასაკით, არამედ საბაზო ღირებულებებით ასაკთან, ოჯახთან, რისკის უნარსა და სხვა ფასეუ-

ლობებთან მიმართებაში. ამას გარდა, მათ აქვთ საერთო ღირებულებები და მსგავსი სამოქალაქო პოზიცია. მიზეზი, რის გამოც არქეტიპების ციკლი მეორდება, იმაში მდგომარეობს, რომ ახალგაზრდა თაობას აქვს სურვილი გამოასწოროს ან დააკომპენსიროს უფროსი თაობის ის თვისებები, რომელიც მათი აზრით მიუღებელია. ამგვარად, იქმნება სიტუაცია, რომელიც ერთი არქეტიპის ეტაპს მიკუთვნებული ადამიანები ახდენენ მეორე არქეტიპის ადამიანების ფორმირებას.

„თაობათა თეორიის“ ადაპტირებული შინაარსიდან გამომდინარე, მკვლევრების მიხედვით დღეს განათლების სისტემაში ურთიერთშემხებლობაშია ოთხი თაობის წარმომადგენელი (მოსწავლე, მშობელი, მასწავლებელი, სტუდენტი, პროფესორი):

ბები-ბუმერები(1944–1963), მილენიუმელების თაობა X (1964–1984) ანუ თაობა Y (1985–2003) და თაობა Z (2004–2024). ზოგიერთი მკვლევარი 2010 წლის შემდეგ დაბადებულ თაობას, ალფა თაობას ან ინტერნეტთაობას ეძახის, რომელიც არა მხოლოდ თაობა Z-ის გაგრძელება, არამედ ციფრული საზოგადოების უმნიშვნელოვანესი სეგმენტია.

ბები-ბუმერების თაობა დიდი დეპრესიისა და მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ დაბადებული თაობაა. მათი გამორჩეული თვისებები:

- ისინი ტრადიციული მედიის–ტელევიზია, რადიო, გაზეთი – მომხმარებლები არიან. ამასთან ბუმერების 80% ინტერნეტისა და სოციალური ქსელების მომხმარებლებიცაა;
- ისინი მუშაობის მანით არიან შეპყრობილი–მუშაობენ კვირაში 50 საათი, იშვიათად იღებენ შვებულებას. შესაბამისად, დიდია დისბა-

ლანსი პირად ცხოვრებასა და სამუშაოს შორის;

- სხვა თაობებთან შედარებით დიდია განქორწინების მაჩვენებელი;
- იცავენ კონსერვატიულ შეხედულებებს.

თაობა X სხვანაირად ეძახიან „სენდვიჩის თაობას“, რადგან ისინი იძულებულნი არიან ერთდროულად იზრუნონ როგორ შვილებზე, ისე მშობლებზე. ისინი სენდვიჩის მსგავსად ვალდებულებების ნაწილში ორი მხრიდან განიცდიან „ზეწოლას“. მათი გამორჩეული თვისებები:

- ისინი გაიზარდნენ კომპიუტერული რევოლუციის ეპოქაში და ამიტომ გამოირჩევიან ტექნოლოგიური საზრიანობით;
- უპირატესობას ანიჭებენ ინტერნეტსა და სოციალურ ქსელებს, მაგრამ ამავედროულად უყურებენ ტელევიზორს და უსმენენ რადიოს;
- ეს არის MTV თაობა – მათ დროს საფუძველი ჩაეყარა პანკ-როკს და მათ თვალწინ გაიარა ჰიპ-ჰოპის ოქროს პერიოდმა;
- ოჯახის შექმნა გაცილებით გვიან ასაკში დაიწყეს, ვიდრე მათმა მშობლებმა;
- ისინი დემოკრატიული ღირებულებების მატარებელი არიან, მაგრამ ნაკლებად ლიბერალური შეხედულებებით გამოირჩევიან;
- მათ დაკარგულ თაობასაც ეძახიან, რადგან ახალგაზრდობის წლებში დომინანტურ პოზიციებს იკავებდნენ პოლიტიკასა და ბიზნესში, რამაც ხელი შეუშალა მათ პროფესიონალიზაციას.

მილენიუმელები ანუ თაობა Y სრულიად ახალი საზოგადოებრივი მოვლენაა. ისინი სწორედ ეხლა

შედიან აქტიურ ცხოვრებისეულ ფაზაში. ამ თაობის ადამიანებს აქვთ განცდა იმისა, რომ მუდმივი არაფერი არ არის და ყველაზე ძლიერმა სახელმწიფომ და გავლენიანმა ადამიანებმა მოკლე დროის განმავლობაში შეიძლება დაკარგონ თავისი სიდიადე. აქედან გამომდინარე, ისინი პატივს არ სცემენ იდეალებს და ნაკლებად მიაგებენ პატივს ავტორიტეტებს. მათი გამორჩეული თვისებები:

- ისინი აქტიურად იყენებენ ტექნოლოგიებს, მოიხმარენ ინფორმაციას ინტერნეტის და არა ტრადიციული მედიის საშუალებით;
- მათ მიერ უნივერსიტეტის დამთავრება დაემთხვა 2008 წლის ეკონომიკურ კრიზისს, შესაბამისად მათ რიგებში გაიზარდა უმუშევართა რაოდენობა, მათი პირველი შრომითი ნათლობა შედარებით დაგვიანდა და ამდენად უფრო დიდხანს მოუწიათ მშობლებთან ცხოვრება;
- სტაბილური სამსახურის არ ქონის გამო, უფრო ნაკლებად ქმნიან ოჯახებს, ვიდრე მათი წინა თაობა;
- აქვთ სოციალურ-ლიბერალური პოლიტიკური შეხედულებები, მხარს უჭერენ უმცირესობების უფლებათა ლეგალიზაციას.

თაობა Z-ის უმრავლესობა საბავშვო ასაკშია და მათი სისტემური ღირებულებები ჩამოყალიბების ფაზაში. „თაობათა თეორიის“ მიხედვით, ამ თაობის წარმომადგენლები გაიმეორებენ „მდუმარე თაობის“ ქცევის თავისებურებებსა და ხასიათს, კერძოდ დიდი ალბათობით ჩაიკეტებიან და ამით დაიცავენ თავს გარემოსგან, ამასთან თავშესაფარს იპოვიან არა ოჯახში ან ლიტერატურაში, არამედ ვირტუალურ

რეალობაში. თაობა X-ის და მილენიუმელები ანუ თაობა Y-ის შვილები წარმატებით ურთიერთობენ ტექნოლოგიებთან, აქტიურები არიან სოციალურ ქსელებში და მხარს უჭერენ პოლიტიკურ ცვლილებებს. Merriam-Webster და Oxford ლექსიკონების მიხედვით [21-22], მათი გამორჩეული თვისებები:

- დაიბადნენ მაშინ, როცა ტექნოლოგიების საყოველთაო გამოყენება დაიწყო, შესაბამისად ძალიან იშვიათად წყალობენ ტრადიციულ მედიას; ბავშვობიდან ხმარობენ სმარტფონებსა და კომპიუტერებს;
- ალკოჰოლსა და ნარკოტიკებს ნაკლები დოზით მოიხმარენ, ვიდრე მათი მშობლები;
- წინა თაობებისგან განსხვავებით, უფრო მეტად აწუხებთ დეპრესია და სტრესი;
- თანხის გამომუშავებას სოცქსელების საშუალებით ადრეული ასაკიდან იწყებენ, ბევრი უკვე სკოლის ასაკიდან იწყებს კარიერას, ნაკლებად მხარჯავენ არიან მშობლებთან შედარებით;
- უფრო მემარცხენე შეხედულებების არიან, მხარს უჭერენ გენდერულ თანასწორობას და იცავენ უმცირესობის უფლებებს;
- აწუხებთ კლიმატის ცვლილება;
- დამოკიდებულნი არიან ტექნოლოგიებზე, იშვიათად ურთიერთობენ „ცოცხალ რეჟიმში“, მგრძობიარენი არიან, პესიმისტურად უყურებენ მომავალს.

თაობა Z-ის მემკვიდრეებს ჯერ არა აქვთ სახელი.

მკვლევარი მარკ მარკვინდლი გვთავაზობს 2010 წლის შემდეგ დაბადებულ თაობას ვუწოდოთ „**თაობა ალფა**“ [23]. მეცნიერი ხაზს უსვამს იმ გარემოებას,

რომ მეცნიერებაში ხშირად გადადიან ბერძნულ ალფაბეტზე, როცა ლათინური ასოები მთავრდება. ის თვლის, რომ „თაობა ალფა“ ისტორიაში ყველაზე მდიდარი, ტექნოლოგიურად განვითარებული და განათლებული თაობა იქნება. „თაობა ალფას“ სხვა-ნაირად „მინის“ თაობასაც უწოდებენ, რადგან ისინი გარე სამყაროსთან კავშირს ძირითადად ეკრანის მეშვეობით ამყარებენ. ეს თაობა, დიდი ალბათობით, ძლიერი ეკონომიკური უთანასწორობის პირობებში იცხოვრებს, ისინი უფრო ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ისწავლიან, შესაბამისად საკუთარი შემოსავლის მიღებას უფრო გვიან შეძლებენ, ამიტომ უფრო დიდხანს იცხოვრებენ მშობლებთან ერთად.

„თაობების თეორია“ იმითაა საინტერესო, რომ საზოგადოების განვითარების ევოლუციისა და მომავალი სოციალური და ეკონომიკური პროცესების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა. ამ თეორიის წყალობით სხვადასხვა თაობის წარმომადგენლებს ურთიერთთანამშრომლობისა და ერთმანეთის უკეთ გაგების შანსი ეძლევათ [24].

უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესში ჩვენთვის ყველაზე საინტერესოა თაობა Z, როგორც მომავალ სტუდენტთა მიზნობრივი ჯგუფი.

„ციფრული ადამიანისთვის“ ინტერნეტგარემო ყოფის ბუნებრივი ადგილია, სადაც ვირტუალური და რეალური სამყარო იმდენად გადაჯაჭვულია, რომ ბევრისთვის მათი გარჩევა გაძნელებულია.

როგორც ჩანს, უფრო მიზანშეწონილია საუბარი პიროვნებაზე – „ქსელურ ადამიანზე“, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ახალი ტიპის კომუნიკაციის

ფორმა – ვირტუალური კომუნიკაცია, აზროვნების ახალი ტიპი – ქსელური აზროვნება, ფსიქიკის ახალი ტიპი – ინტერნეტმომხმარებლის ფსიქიკა და, შესაბამისად, ინტერნეტფობიები.

ქსელურ აზროვნებას სიმბოლური ხასიათი აქვს. ის ინტერნეტკომუნიკაციის თანამდევია, მისი არსია და ხსნის მის შინაარსს. ამ პროცესში ხდება სიმბოლოებისა და გამოსახულებების და არა შინაარსის გაცვლა. ვირტუალური აზროვნება იმის ნიშანია, რომ ამ ურთიერთქმედების ობიექტები და პროცესები არა ობიექტურ, არამედ ვირტუალურ რეალობას ეკუთვნის.

ქსელური აზროვნება მჭიდროდაა დაკავშირებული ვირტუალური პიროვნების ისეთ მახასიათებელთან, როგორცაა პოლიფონიურობა. ამ უკანასკნელის საფუძველია ვირტუალური პიროვნების ცნობიერების განაწილება ინფორმაციულ სივრცეში. ვირტუალურ პიროვნებას, ანონიმურობის წყალობით, შესაძლებლობა აქვს ერთდროულად დაკავდეს სხვადასხვა ვირტუალური პოზიციით – შეუძლია ერთდროულად მონაწილეობა მიიღოს ქსელური კომუნიკაციის სხვადასხვა ფორმაში, რაც იწვევს მისი აზროვნებისა და ცნობიერების დამსხვრევას, დაშლას.

ქსელური ადამიანისთვის დამახასიათებელია გამორჩეული ფსიქიკური სინდრომები, მათ შორის ე.წ. ინტერნეტფობიები.

ფობია (ბერძ. φόβος – «შიში») — სიმპტომი, რომლის არსია ირაციონალური, არაკონტროლირებადი შიში ან გადაჭარბებული შფოთვა. რაიმე სიტუაციის, ობიექტის საქმიანობის ან ადამიანის (ან ცხოველის) მიმართ [25] (როგორც ფილადელფიის ემო-

ციური ჯანმრთელობის ცენტრის აღმასრულებელი დირექტორი მარლა დეიბლერი აღნიშნავს) სამეცნიერო ლიტერატურაში ძალიან ცოტაა მონაცემი ტექნოლოგიურ ფობიებზე [26], თუმცა მაინც შეიძლება საუბარი იმ ტექნოლოგიურ ფობიებზე, რომლებიც ჯერ სახელმძღვანელოებში არ არის შეტანილი [27].

- **ჰომოფობია** – მობილური მოწყობილობის გარეშე დარჩენის შიში. ასეთ შიშს განიცდის ინფორმაციული რესურსების მომხმარებელთა 66 %. მათ ახასიათებთ მიღებული შეტყობინებების, ელექტრონული ფოსტით მიღებული წერილების, გამოტოვებული ზარების მუდმივი კონტროლის მოთხოვნილება. ეს ფობია იწვევს პანიკასა და შფოთვას, როცა ტელეფონი ხელმიუწვდომელია. განსაკუთრებულ შემოთებას იწვევს კავშირის მიუწვდომლობის, აკუმულატორის განმუხტვისა და ტელეფონის დაკარგვის შიში;
- **სოციოფობია** – სოციალური ქსელების შიში. ეს არის დევნის შიშის თანამედროვე ვერსია და გამოიხატება სოციალურ ქსელში საკუთარი გვერდის გახსნის შიშით, რომელიც განპირობებულია ამ გვერდითი მანიპულირების საშუალებისა და საკუთარი პერსონის თვალთვალის შეგრძნებით;
- **ტროლიფობია** – შიში იმისა, რომ მისი გვერდის ან ბლოკის კომენტატორებს – ტროლებს აქვთ ერთი მიზანი-დააზიანონ შენი იმიჯი. აქედან გამომდინარეობს ანონიმურობის და რაც შეიძლება ნაკლები ყურადღების მიქცევის სურვილი;

- **იმიჯფობია** – ახალი ადამიანური შიში, რომელიც განპირობებულია შეშფოთებით, რამდენად სწორად აღიქვამს ადრესატი შენ მიერ კომენტარებში გამოყენებულ ნიშნებსა და სიმბოლოებს;
- **სელფიფობია** – შიში იმისა, რომ ცუდად გამოიყურები ფოტოზე ან სლაიდზე;
- **ტრედფობია** – კომენტარების, საკუთარი აზრის გამოთქმის შიში;
- **ტექნოფობია** – ტექნოლოგიების შიში, რომელიც გამოიხატება ტექნოლოგიების მავნე გავლენით არსებულ შიშში;
- **კიბერფობია** – კომპიუტერის შიში. ადამიანების გარკვეულ ჯგუფს აქვს კომპიუტერთან მუშაობის ირაციონალური შიში. ასეთი ადამიანები აქტიურად მონაწილეობენ ანტიტექნოლოგიურ აქციებში;
- **ტელეფონფობია** – ტელეფონის შიში, რომელიც გამოიხატება ზარების მიღებისა და ზარებზე პასუხის შიშში, ძალიან ჰგავს საჯარო გამოსვლის შიშს. ამ შემთხვევაში შიში უკავშირდება იმის განცდას, რომ შეიძლება გახდეს კრიტიკის ობიექტი ან უგუნურად გამოიყურებოდეს.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, კარგად გამოჩნდა „თაობა Z“-ის სუბიექტის – „ქსელური ადამიანის“ ფენომენის სირთულე და მრავალწახნაგოვნება. ჩვენი აზრით, ეს განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია „ქსელური ადამიანის“ საგანმანათლებლო პროცესის სუბიექტად განხილვის კონტექსტში, განსაკუთრებით „ციფრული სკოლის“ კონცეფციის დამუშავების პროცესში, რომელიც გულისხმობს საგან-

მანათლებლო პროცესის როგორც შინაარსის, ისე ტექნოლოგიების გამოყენებით სწავლების ფორმების სერიოზულ გააზრებას.

თანამედროვე საგანმანათლებლო სისტემაში არსებული თაობათა რთული კონგლომერანტი სერიოზულ სიძნელებსა და რისკებს ქმნის თაობა Z-ის სწავლის, აღზრდისა და პროფორიენტაციის პროცესში. განათლების სისტემის გაციფრულების პროცესში თითქმის ხუთი თაობის ურთიერთქმედებამ გააჩინა ახალი მითები მოსწავლეების, პედაგოგებისა და მშობლების მხრიდან ინფორმაციული ტექნოლოგიების ათვისების ხარისხთან მიმართებაში.

გაჩნდა აზრი, რომ მოსწავლეები ინტერნეტბორიგენები არიან, ხოლო პედაგოგები და მშობლები – ინტერნეტემიგრანტები, რომლებიც კატასტროფულად ჩამორჩებიან მათ. ფაქტები იმაზე მეტყველებს, რომ „ქსელური პიროვნების“ განათლების პროცესის ტექნოლოგიურმა ასპექტმა შეიძლება მეორე პლანზე გადაიწიოს და ადგილი დაუთმოს ციფრული თაობის ღირებულებით-სამოტივაციო სფეროს განვითარების სტრატეგიას. ეს კი პროფორიენტაციის ერთ-ერთი უმთავრესი კომპონენტია.

თანამედროვე მოსწავლის შემეცნებითი სფეროს დინამიკის განხილვის დროს აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს აზროვნების ახალი ტიპის – კლიპური აზროვნების ფორმირება და განვითარება.

ინგლისურად სიტყვა «clip» ამოჭრას, ამონაჭერს (გაზეთიდან), ნაწყვეტს (ფილმიდან) ნიშნავს. სიტყვა „კლიპი“ მკითხველს ამისამართებს მუსიკალური ვიდეორგოლების აგების პრინციპებთან, სადაც ვიდეოს თანამიმდევრობა ერთმანეთთან სუსტად დაკავშირებულ გამოსახულებებს ეფუძნება. სწორედ ამ

პრინციპზეა აგებული კლიპური მსოფლმხედველობა – ადამიანი სამყაროს მთლიანობაში კი არა, არამედ ერთმანეთთან არაფრით დაკავშირებულ ნაწილებს, ფაქტებსა და მოვლენებს თანამიმდევრობით აღიქვამს. კლიპური აზროვნების მქონე ადამიანს უჭირს სიტუაციის ანალიზი, რადგან სიტუაციის არსი „გამოსახულება“ მის გონებაში დიდხანს არ ჩერდება და მის ადგილს ახალი იკავებს [28-29].

კლიპური აზროვნების განმარტების ერთ-ერთი პირველი ვარიანტი ამერიკელმა სოციოლოგმა ელვინ ტოფლერმა წარმოადგინა წიგნში „მესამე ტალღა“ [30-32].

მისი აზრით, კლიპური აზროვნება არის ინფორმაციული საზოგადოებისთვის დამახასიათებელი მოვლენა და მომავლის ინფორმაციული კულტურის განუყოფელი ნაწილი, რომელიც ეფუძნება უსასრულო ინფორმაციულ სეგმენტებს და კომფორტულია შესაბამისი აზროვნების მქონე ადამიანებისთვის.

კლიპური აზროვნების წარმოშობის წყარო უნდა ვეძებოთ მასობრივ კულტურაში და მის მიერ თავს მოხვეულ სტერეოტიპებში. ხოსე ორტეგაი გასეტი და ჟან ბოდრიარი აღწერენ რა „მასობრივი ადამიანის“ მოდელს ([33] [34]), ხაზს უსვამენ ასეთი ტიპის ადამიანის ისეთ თვისებებს, როგორცაა თვითკმყოფილება, უნარი იყოს „არც თავისთვის და არც სხვისთვის“, დიალოგის და მოსმენის უუნარობა. მასებთან მიაქვს აზრი, ისინი კი ითხოვენ სანახაობას, მასებს უგზავნიან გზავნილებს, ისინი კი ინტერესდებიან მხოლოდ სიმპტომურობით – მასების მთავარი ძალა სიჩუმეშია.

კლიპური აზროვნების ფენომენი ინტელექტუალური და კულტურული ისტორიის უმნიშვნელოვანესი მომენტია, რადგან განაპირობებს აზროვნების წრფივი მოდელიდან სრულიად ახალ ქსელურ მოდელზე გადასვლას. ასეთი ტიპის აზროვნება თაობა Z სუბიექტ „ქსელური ადამიანის“ აბსოლუტური უმრავლესობისთვისაა დამახასიათებელი, ამიტომ უნივერსიტეტის სტუდენტთა კონტინგენტის ხარისხობრივი ფორმირების პროცესში მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, თუ აზროვნების როგორი ტიპის მიზნობრივ ჯგუფთან გვიწევს ურთიერთობა.

ინტერნეტთაობის (Internet Generation) ძლიერი მხარე რამდენიმე ამოცანაზე პარალელურად მუშაობის უნარში გამოიხატება. ამ თაობის ადამიანებს შემოღობილი ერთროულად მოუსმინონ მუსიკას, იყვნენ სასაუბრო ველში, იხეტიან ქსელში, რედაქტირება გაუკეთონ ფოტოსურათებს და პარალელურად მოამზადონ გაკვეთილები. თუმცა ამ უნარის გამოყენებას თავისი ფასი აქვს – „ქსელური ადამიანისთვის“ დამახასიათებელია დაბნეულობა, ჰიპერაქტიურობა, ყურადღების დეფიციტი და ლოგიკასთან შედარებით უპირატესობის მინიჭება ვიზუალური სიმბოლოებისთვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი ადამიანის ცნობიერება განიცდის ქალსური და ერთმანეთთან დაუკავშირებელი, მრავალგვაროვანი და, ხშირ შემთხვევაში, ადამიანისთვის სრულიად უსარგებლო ინფორმაციის შემოდინებას, რომელიც ინფორმაციის აღქმის არხებს ავსებს. „ინფორმაციული ჰიგიენის“ უზრუნველყოფის პროცესში კლიპური აზროვნება ინფორმაციული და ფსიქოლოგიური გადატვირთვის დამცავი მექანიზმის როლს ასრულებს.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ კლიპური აზროვნება, რომელიც თანამედროვე საზოგადოებაში მასიური მოვლენაა, ინფორმაციული გადატვირთვის ერთგვარი დაცვის მექანიზმია. ადამიანს, რომელსაც აქვს სხვადასხვა თემაზე ინფორმაციის მიღების მოთხოვნილება, სხვა ალტერნატივა, გარდა ამ ინფორმაციების ნიმუშებად აღქმისა არა აქვს. კლიპური აზროვნების დროს კონტექსტის გაგება გაძნელებულია – სუბიექტს უჭირს მოვლენის მიზეზისა და შედეგის გაგება, რადგან ინფორმაციის მაღალი სიჩქარით მოხმარების პროცესში სამყაროს აღქმა ხდება ფრაგმენტულად, პატარ-პატარა პორციებად და ამ დროს უპირატესობა ენიჭება ვიზუალურ ნიმუშებს.

კლიპური აზროვნება ცვლის პიროვნების სხვა შემეცნებით პროცესებსაც. თუ ვისაუბრებთ მახსოვრობაზე, მაშინ ჩნდება „Google ეფექტი“ – ამ დროს მახსოვრობის ვარჯიში არ ხდება, გახსენება ხდება უშინაარსო. არასანდო ინფორმაციული ნაკადის ზეგავლენის პირობებში „ქსელური ადამიანი“ ვერ იმახსოვრებს ინფორმაციის შინაარსს და კონცენტრირებულია იმაზე „სად და როგორ იპოვოს“. თუმცა ამ ყველაფერს დადებითი მომენტიც აქვს – „მახსოვრობის ეკონომია“ ათავისუფლებს რესურსებს შემოქმედებითი და კრეატიული საქმიანობისთვის.

მკვლევრები შემდეგნაირად აფასებენ იმ მოსწავლეებისა და სტუდენტების თავისებურებებს, რომელთაც კლიპური აზროვნება აქვთ:

- საკვანძო მომენტების გამოყოფის, მიზეზშედეგობრივი კავშირების დადგენის, ლოგიკის, ანალიზის უნარების არ ქონა;

- მოკლევადიანი მახსოვრობა, რომელიც დომინირებს ასეთი აზროვნების პირობებში. ცნობილია, რომ დამახსოვრება ხდება ლოგიკური კავშირების დადგენისა და ანალიზის პირობებში. თავდაპირველად ტვინი ადგენს ლოგიკურ კავშირებს, ითვისებს მათ და მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება დამახსოვრება. ასეთი დამახსოვრება ეფუძნება ხანგრძლივ აზროვნებას, რომელიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ინახება და მოთხოვნილების შემთხვევაში მისი სწრაფი აღდგენა ხდება;

- ხდება მხოლოდ მცირე სიგრძისა და მოცულობის აზრების ოპერირება. შესასწავლი მასალის გართულების შემთხვევაში მისი შესწავლა შეუძლებელი ხდება;

- შესასწავლი საგნისადმი ინტერესის არ ქონა, რაც აიხსნება მისი ნაწილობრივი ან სრული ვერ გაგებით;

- სწავლის პროცესში ჩქარი დადლილობა;

- დაბალი თვითორგანიზაცია, რომელიც შესასწავლი მასალისადმი დაბალი ინტერესითაა განპირობებული.

კლიპური აზროვნება შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გამარტივებული აზროვნება. სწორედ ასეთი აზროვნების მატარებელია უნივერსიტეტების სამიზნე აუდიტორიის აბსოლუტური უმრავლესობა, რაც მნიშვნელოვანი და გასათვალისწინებელი ფაქტორია პროფორიენტაციის პროცესში.

კლიპურ აზროვნებასთან დაკავშირებით შეგვიძლია რამდენიმე დასკვნის ფორმულირება:

- კლიპური აზროვნების ფენომენი ინფორმაციული საზოგადოების პროდუქტია და და-

კავშირებულია ადამიანის მიერ მიღებული ინფორმაციის მოცულობის მკვეთრ ზრდასა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებასთან. ის შეიძლება განვიხილოთ, როგორც საზოგადოების ინფორმატიზაციის გვერდითი ეფექტი:

- კლიპური აზროვნება, ერთი მხრივ, დესტრუქციულად მოქმედებს ინფორმაციის კრიტიკულ აღქმაზე და ადამიანს ინფორმაციის სისტემური აღქმის საშუალებას არ აძლევს; მეორე მხრივ, გააჩნია უპირატესობა, რომელიც მდგომარეობს ინფორმაციული ნაკადიდან აზრის მყის მიღებასა და ინფორმაციის დიდი მოცულობის არასტანდარტულ ანალიზში;
- კლიპური აზროვნება უნდა მივიღოთ როგორც მოცემულობა და უნდა დავამკვიდროთ ახალი საგანმანათლებლო პრაქტიკა, რომელიც აზროვნების ამ ტიპის უპირატესობის სრულ გათვალისწინებას გულისხმობს. უეჭველია ის ფაქტი, რომ ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების კვალდაკვალ სულ უფრო იზრდება ასეთი აზროვნების მატარებელი ახალგაზრდების რიცხვი. შესაბამისად, აუცილებელია საგანმანათლებლო პრაქტიკაში სწავლების ვიზუალური მეთოდების – ინფოგრაფიკების, ბლოკსქემების, მენტალური რუკების, დიაგრამების, პრეზენტაციების, სასწავლო ფილმების, ვიდეოკლიპების, ონლაინტესტების უფრო ფართო გამოყენება. სწავლებაში ასეთი ფორმების გამოყენება ხელს შეუწყობს ინფორმაციის კლიპური ფორმით გადაცემას;

- სწავლებაში მულტიმედიური ტექნოლოგიების გამოყენებასთან ერთად განსაკუთრებით გამოსაყოფია ელექტრონული სახელმძღვანელოების შედგენისა და შექმნის საკითხი. სამწუხაროდ დღემდე არ არის ჩამოყალიბებული ამ საკითხისადმი ერთიანი მიდგომა, თუმცა ყველა თანხმდება იმაზე, რომ ასეთი ტიპის სახელმძღვანელო არ უნდა იმეორებდეს სახელმძღვანელოს ბეჭდვურ ვარიანტს და უნდა ატარებდეს ანიმირებულ შინაარსს.

ცნობილმა ბრიტანელმა მეწარმე ფუტურისტმა, Oxford Martin School დამფუძნებელმა, ოქსფორდის უნივერსიტეტის 900-წლიანი არსებობის ისტორიაში ამ უნივერსიტეტის ყველაზე დიდმა კერძო შემომწირველმა, ინტერნეტის გაჩენის წინასწარმეტყველმა ჯეიმს მარტინმა თავის ცნობილ ნაშრომში The Meaning of the 21st Century ადამიანების ორ ტიპი წარმოადგინა. პირველი – „ადამიანი წიგნი“, რომელიც ინფორმაციას იღებს კითხვის საშუალებით, ამიტომ მისი განმასხვავებელი თვისებაა „ხანგრძლივი ანალიზის“ უნარი; მეორე ტიპი – „ეკრანის ადამიანები“ პირველისგან კარდინალურად განსხვავდებიან. მათთვის დამახასიათებელია სწრაფი რეაგირება და სწრაფვა „ახალი კლიკისკენ“. ასეთი ადამიანები ურთიერთობის დროს პარტნიორს ბოლომდე არ უსმენენ და მუდმივად სურთ სასაუბრო თემის შეცვლა. ჩვენთვის საინტერესო თაობა Z-ის შემთხვევაში საქმე გვაქვს პიროვნებებთან, რომლებიც მიჩვეულნი არიან იმას, რომ ეკრანზე რამდენიმე ფაქტი ერთდროულად ხდება და მათ აქვთ მუდმივი სურვილი, გარშემომყოფები დაუყოვნებლივ რეაგირებდნენ მათ მოთხოვნილებებზე. სანამ Homo

sapiens გახდება в Homo futuries - მომავლის ადამიანი, მას მოუწევს გონების დაბნელების გადატანა [35] – [36].

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოვეყოთ „ქსელური პიროვნების“ ზოგიერთი ასპექტი, რომელიც ზეგავლენას ახდენს საგანმანათლებლო პროცესის დინამიკაზე:

- სოციუმსა და ცალკეულ ადამიანებთან ურთიერთობის ფორმების ცვლილება, **თაობა Z** სუბიექტების ახალი თვისებების ფორმირების საწინდარია. დღეს აქტუალურია პიროვნების პრივატულობის პრობლემა, რომელიც განიხილება მოზარდის ავტონომიურობის ფორმირების ფაქტორად. ასაკის მატებასთან ერთად ხდება პრივატულობის ტრანსფორმაცია სოციუმთან მიმართებაში;
- ინტერნეტის ეპოქაში მოზარდების პოზიტიური სოციალიზაციის მიზნით აუცილებელია მათი არა მხოლოდ ტექნოლოგიური (ისინი დაბადებიდან ისედაც ინტერნეტგარემოში ცხოვრობენ), არამედ ეთიკური განვითარება. ჩვენი აზრით, პრობლემის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ კომუნიკაციის ციფრული საშუალებები კარგია მათთვის, ვისაც აქვს საგანმანათლებლო ბაზა, მაგრამ დამლუპველია მათთვის, ვისთვისაც ეს პროცესი არა შრომასთან, არამედ გართობასთან ასოცირდება;
- ცალკე გამოიყოფა სკოლის პედაგოგისა და უნივერსიტეტის პროფესორის ურთიერთობა მოზარდთან ციფრული ეპოქის პირობებში. დღეს მასწავლებელი/ლექტორი აღარ არის მოზარდისთვის ინფორმაციის წყარო და გვე-

ვლინება, როგორც მათი მრავალფეროვანი შემეცნებითი საქმიანობის ორგანიზატორი. ასეთ საქმიანობაში პედაგოგიური ამოცანები პერიფერიულ დონეზე რჩება და ნაკლებად ეხმარება მოზარდს საკუთარი თავის იდენტიფიცირების პროცესში. ცნობილი მეცნიერი ე. ერიქსენი ნაშრომში „ბავშვობა და საზოგადოება“ გამოყოფს იდენტურობის სტადიებს და ასაბუთებს, რომ მეხუთე სტადია (11–20 წელი) საკვანძო პერიოდია იდენტურობის ფორმირების პროცესში. „ ამ დროს მოზარდი მერყეობს იდენტიფიკაციის დადებით პოლუსს „მე“ და უარყოფით პოლუსს „არეულ როლებს“ შორის. მოზარდი დგას ამოცანის წინაშე, გააერთიანოს ყველაფერი, რაც იცის საკუთარ თავზე როგორც შვილზე, მოსწავლეზე, მეგობარზე, სპორტსმენზე და ა.შ. ყოველივე ეს უნდა აქციოს ერთ მთლიანად, გაიაზროს, დაუკავშიროს წარსულს და მოახდინოს მომავლის პროექცია. თუ ყველაფერი სასიკეთოდ წარიმართა, ხდება იდენტიფიცირების გრძნობის ფორმირება, სხვა შემთხვევაში ყალიბდება დაბნეული იდენტურობა, რომელსაც თან ახლავს მტანჯველი ეჭვები საკუთარ თავზე, საზოგადოებაში ადგილზე და მომავლის პერსპექტივასთან დაკავშირებით“ [37].

მეცნიერები ხაზგასმით აღნიშნავენ „ქსელური ადამიანის“ მიერ სამყაროს აღქმის ზოგიერთ თავისებურებას, რომელიც გავლენას ახდენს სოციალიზაციის პროცესში იდენტიფიკაციის პროცესზე:

- გაურკვევლობისა და მოულოდნელობების გრძნობა;
- დარჩენა რეალობაში „აქ და ახლა“;
- ცხოვრებისეულ სიტუაციაში გაურკვევლობისა და არაპროგნოზირების განცდის გრძნობა;
- მსოფლიოს მოზაიკური სურათი;
- ცნობიერებისა და თვითშეგნების ქსელური სტრუქტურა;
- სოციალური და პიროვნული აზრების დინამიკურობა;
- სამყაროს აღქმისა და გაგების პოტენციურად უსასრულო მრავალფეროვნება;
- "მე"-ს დაყოფა და დეცენტრაცია;
- იმიჯის პრიორიტეტი საგანთან მიმართებაში;
- ცნობიერებისა და აზროვნების ვიზუალიზაცია, საკუთარი საინფორმაციო გარემოს შექმნა და მასში საკუთარი თავის კონსტრუირება.

თაობა Z-ზე, როგორც პროფორიენტაციის მიზნობრივ ჯგუფზე, საუბრისას მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია კიდევ ერთ საჭირო უნარზე – **ემოციურ ინტელექტზე** ყურადღების გამახვილება. ემოციური ინტელექტი, ლოგიკური ინტელექტისგან განსხვავებით, ახასიათებს პიროვნების მიერ სიტუაციის სწორად აღქმის, სიტუაციის სწორად განვითარებაზე ზემოქმედების, სხვა ადამიანების მოთხოვნილებებისა და სურვილების გააზრების, სტრეს-მედეგობისა და ტოლერანტობის უნარებს [38].

ემოციური ინტელექტი (emotional intelligence) არის საკუთარი ემოციებისა და გრძნობების გაგების და მათი ისეთნაირად მართვის უნარი, რომ მოახერხო გარემომყოფებთან ჰარმონიული ურთიერთქმედება და მიაღწიო დასახულ მიზნებს [39].

მაღალი ემოციური ინტელექტის მქონე მოზარდები გამოირჩევიან უკეთესი საკომუნიკაციო, ვერბალური და შემეცნებითი უნარებით. მაღალი ემოციური ინტელექტის მქონე პიროვნებები:

- წარმატებით უმკლავდებიან რთულ სიტუაციებს;
- ნათლად აყალიბებენ საკუთარ აზრებს;
- ადვილად იმსახურებენ გარემომყოფთა პატივისცემას;
- შეუძლიათ ზეგავლენის მოხდენა სხვებზე;
- რთულ სიტუაციებში ინარჩუნებენ ჯანსაღი აზროვნების უნარს;
- აცნობიერებენ საკუთარ ემოციურ რეაქციებს ყველაზე რთულ სიტუაციაშიც კი;
- მოლაპარაკების პროცესში ფლობენ საკუთარ თავს და ეფექტურად მართავენ სხვებს;
- წარმატების მისაღწევად შეუძლიათ თვითმოტივაცია;
- ყველაზე გართულეულ სიტუაციაშიც შეუძლიათ პოზიტიურ ნოტზე დარჩენა.

მაღალი ემოციური ინტელექტის მქონე პიროვნებები:

- ვერ კონტაქტობენ გუნდთან;
- აწარმოებენ პასიურ ან აგრესიულ კომუნიკაციას;
- კიცხავენ სხვებს;
- უმოქმედობისა და წარუმატებლობის შემთხვევაში ყოველთვის პოულობენ თავის გასართლებელ მიზეზებს;
- აქვთ ისეთი აზრები და მოსაზრებები, რომელსაც გარემომყოფნი არ აფასებენ;

➤ ყოველთვის ცხოვრობენ „მსხვერპლის“ პოზიციით.

ემოციური ინტელექტი მოზარდის სოციალიზაციის საფუძველია. პროფორიენტაციის პროცესში მოზარდების ემოციური ინტელექტის ჯერ დადგენის და შემდეგ განვითარების გზით მათ ვასწავლით რთულ სიტუაციებთან გამკლავებას - ისინი უკეთ იცნობენ საკუთარ თავსა და თანატოლებს, ადვილად პოულობენ ენას თანატოლებთან და არ იკეტებიან საკუთარ თავში.

ესმის რა საკუთარი ემოციების, მოზარდი აცნობიერებს ამა თუ იმ სიტუაციაში საკუთარი ორგანიზმის რეაქციას. შინაგანი მოდელის „მე ვგრძნობ“ განვითარება ეხმარება მას გაიაზროს საკუთარი ინტერესები, ეს კი საკუთარ თავში ტალანტის აღმოსაჩენად გზაა [40].

სხვადასხვა პროფესიის გაცნობის პროცესში ასეთი მოზარდი ადვილად აცნობიერებს თუ რა აინტერესებს ყველაზე მეტად და, შესაბამისად, იწყებს ამა თუ იმ უნარის განვითარებას.

ემოციური ინტელექტი „სოციალური ლიფტით“ მგზავრობის უმნიშვნელოვანესი მდგენელია, რომელსაც სამწუხაროდ ნაკლები ყურადღება ექცევა სკოლის სასწავლო გეგმაში, ამიტომ თაობა Z -ის სუბიექტების მიერ ამ უნარის ელემენტების გაცნობა და დაუფლება უნივერსიტეტების პროფესიული ორიენტაციის კომპლექსური პროგრამის მნიშვნელოვანი ელემენტი უნდა იყოს.

თაობა Z ინდივიდუალისტების თაობაა, რომელიც ესწრაფვის დამოუკიდებლად, საკუთარი ცხოვრებისეული ტრაექტორიის, საკუთარი სამყაროს შესაქმნელად და, ამასთან, მზადაა შექმნილი რეალო-

ბის სწრაფი ცვლილებებისთვის. დამოუკიდებლობა შრომის ბაზარზე იმაში გამოიხატება, რომ ისინი დამსაქმებლებთან ურთიერთობას, მშობლებისგან განსხვავებით, „უფროს-ქვეშევრდომის“ პრინციპით არა, არამედ „შემკვეთ-შემსრულებლის“ პრინციპით აგებენ. ფაქტობრივად ამ ჯგუფის ყველაზე აქტიური ნაწილი ადრეულ ეტაპზე ირჩევს დამსაქმებელს, მაშინ როცა მათი მშობლების თაობას დამსაქმებელი ირჩევდა და ირჩევს. ისინი ეძებენ მუშაობის ისეთ პირობებს, რომელიც მათ თვითგამოხატვისა და თვითსრულყოფის საშუალებას მისცემს. ისინი მშობლებისგან განსხვავებით, მობილურები არიან. აქედან გამომდინარე, პროფორიენტაციის საბაზო სისტემის კრახი, რომელიც ეფუძნებოდა კონკრეტულ პროფესიაში მთელი ცხოვრების განმავლობაში მუშაობას, ანგრევს მთელ სისტემას, რომლის სუბიექტებმაც არ იციან როგორ იმოქმედონ შექმნილ სიტუაციაში. სამართლიანობისთვის უნდა ითქვას, რომ ამ სისტემის კონკრეტული სუბიექტი – საგანმანათლებლო დაწესებულება პროფესიული თვითგამოხატვისა და თვითგამორკვევის მეთოდების მუდმივი ძიების პროცესშია. პრობლემას ქმნის, დამსაქმებლებთან არასაკმარისი კოორდინაციის გამო, ისეთი სპეციალისტების მოზღვაება შრომის ბაზარზე, რომლებიც ნაკლებად პასუხობენ ბაზრის მოთხოვნებს და, ამის გამო, ვერ ახერხებენ დასაქმებას.

დასკვნა

ცნება „განათლება“ გულისხმობს „სოციუმში დაგროვილი ცოდნის, უნარებისა და ღირებულებების ერთი თაობიდან მეორეში გადაცემის პრო-

ცეს“ [41]. იმის გააზრება, რომ სამყარო იცვლება, ხოლო ეკონომიკის ტრანსფორმირება ხდება „ცოდნის ეკონომიკად“, მიგვიყვანს პროფორიენტაციის სისტემის, როგორც უწყვეტი განათლების საკვანძო კომპონენტის გადაფასებასთან. იმის გამო, რომ იცვლება მოთხოვნა პროფესიებზე, უნდა შეიცვალოს მოთხოვნები საგანმანათლებლო პროგრამებზე.

პროფესიული ორიენტაციის ახალი განმარტება ეკონომიკური განვითარებისა და თანამშრომლობის ორგანიზაციის, ევროკომისიის უწყვეტი პროფორიენტაციის ექსპერტთა ჯგუფის, ევროკავშირის საბჭოსა და მსოფლიო ბანკის მიერ მოწონებული და სამოქმედოდ შემოღებულია 2004 წლიდან:

„პროფესიული ორიენტაცია მიმართულია ადამიანის დახმარებაზე ნებისმიერ ასაკსა და ცხოვრების ნებისმიერ მომენტში, სწავლის მიმართულების, პროფესიული მომზადების, პროფესიული საქმიანობის სფეროს არჩევისა და საკუთარი კარიერის მართვის საკითხებში“ [42].

ამგვარად, პროფორიენტაციის პარადიგმა დასცილდა ტერმინ „პროფესიული ორიენტაციის“ გაგებას, როგორც ვიწროსპეციალიზებულ «professional guidance» „ორიენტაციას პროფესიაზე“ და დაე-

ფუნდა უფრო ღრმა შინაარსს «career guidance» „ორიენტაციას კარიერაზე“. ეს საშუალებას იძლევა გავაერთიანოთ ინდივიდის პროფესიული არჩევანი, ზოგადი და პროფესიული განათლება, უშუალოდ ჩავრთოთ ამ პროცესში ბიზნესი და სამოქალაქო საზოგადოება, სახელმწიფო მმართველობითი ორგანოები, მაორგანიზებელი, მაკოორდინირებელი და მაკონტროლებელი რგოლის გათვალისწინებით.

მიმდინარე ეტაპზე მიმდინარეობს კარდინალური ცვლილებები, რომელიც ეხება უმაღლეს სკოლას, მის სტრუქტურასა და შინაარსს, სტუდენტთა კონტინგენტის ხარისხის ამაღლების, ფორმირების სისტემას და მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების მომზადებას. ამ პროცესს აქვს თავისი სპეციფიკა და პრინციპები, რომელიც ეფუძნება სოციუმის კულტურულ ტრადიციებს, საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიკურ და დემოგრაფიულ მდგომარეობას. სამიზნე ჯგუფთაობა Z-ის თავისებურებათა გათვალისწინებით უნივერსიტეტების წინაშე ახალი გამოწვევები ჩნდება, რომელთა წარმატებით გადაჭრა მხოლოდ მეცნიერულად გააზრებული პლატფორმის საფუძველზეა შესაძლებელი.

ლიტერატურა

1. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/education/brief/education-for-all>
2. Dewey J. Democracy and education. Ilia University Press, 2010.
3. URL: https://gtu.ge/bef/pdf/2019_PDF/Axalgazrda_mecarmeta_Debuleba_05.12.19/axalgazrda_mecarmeta_centris_debuleba.pdf (In Georgian).
4. Deiss R., Henneberry R. Digital marketing for dummies. 2019

5. URL: <http://www.ceeman.org/>
6. URL: <https://www.aacsb.edu/>
7. URL: <https://eua.eu/>
8. URL: <https://www.naspaa.org/>
9. URL: <https://iau-aiu.net/>
10. URL: <http://www.bsun.org/>
11. URL: <http://www.ehea.info/>
12. Kertzner D. I. Generation as a sociological problem. Annual review of sociology. 1983
13. URL: https://smirnov.iph.ras.ru/win/publicatn/texts_2/ikh_t.htm (In Russian).
14. URL: http://www.muslimphilosophy.com/ik/Muqaddimah/Table_of_Contents.htm
15. URL: <https://tnu.tj/DisserPhD/6D.KOA-026/DavlatovDM/DavlatovDM.pdf> (In Russian).
16. Strauss W., Howe N. Generations: The history of America's future, 1584 to 2019. New York. 1991
17. URL:
https://archive.org/stream/GenerationsTheHistoryOfAmericasFuture1584To2069ByWilliamStraussNeilHowe/Generations+The+History+of+America%27s+Future%2C+1584+to+2069+by+William+Strauss+%26+Neil+Howe_djvu.txt
18. URL: https://pikabu.ru/story/kratkiy_kurs_po_teorii_pokoleniy_7042389 (In Russian).
19. URL: https://www.osgf.ge/files/publications/Taobebi_1.pdf (In Georgian).
20. Strauss W., Howe N. The fourth turning: An American prophecy - what the cycles of history tell us about America's next rendezvous with destiny. Publisher: "Three Rivers Press". 1997.
21. URL: <https://www.merriam-webster.com/>
22. URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/>
23. McCrindle M. The ABC of XYZ: Understanding the Global Generations. 2014.
24. URL: <https://rugenations.su> (In Russian).
25. URL: https://www.health.harvard.edu/a_to_z/phobia-a-to-z
26. URL: <https://mashable.com/2014/08/02/tech-phobias/>
27. URL: <https://thecenterforemotionalhealth.com/>
28. Girenok F. Clip consciousness. M.: "Prospect". 2016.
29. Palladino L. J. Find your focus zone: An effective new plan to defeat distraction and overload. M.: "Mann, Ivanov and Ferber". 2017. (In Russian).
30. A Toffler A. The third wave. Publisher: «Bantam». 1984.
31. URL: <https://www.tofflerassociates.com/>
32. Ortega y Gasset J. The revolt of the masses. 2017.
33. Baudrillard J. In the shadow of the silent majority, or the end of the social. 2000.
34. Martin J. The meaning of the 21st century: A vital blueprint for ensuring our future. 2007.
35. URL: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/>
36. Erikson E. Childhood and society. Publisher: "Vintage". 1995
37. Goleman D. Emotional intelligence: why it can matter more than IQ. M.: "Mann, Ivanov and Ferber". 2013. (In Russian).
38. David S. Emotional flexibility. M.: "Mann, Ivanov and Ferber". 2017. (In Russian).
39. URL: <https://mariadolgoplova.ru/stati/erik-erikson-razvitie-identichnosti.html> (In Russian).
40. URL: <https://www.britannica.com/topic/education>

41. OECD and European Commission. Career guidance: A handbook for policy makers. Paris. 2004.

42. Kjell L., Ziegler D. Theories of personality. SPb: “Peter”. 2003. (In Russian).

UDC 025.45/46

SCOPUS CODE 1403

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-34-57>

“Digital era” and the professional orientation problems in the qualitative process of formation of student body at the university

Merab Mikelashvili Department of Business Administration, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: m.mikelashvili@gtu.ge

Reviewers:

N. Chikviladze, Associate Professor, Faculty of Business Technology, GTU

E-mail: n.chikviladze@gtu.ge

I. Mamaladze, Professor, Faculty of Engineering Economic, Media Technology and Social Sciences, GTU

E-mail: I.Mamamladze@gtu.ge

Abstract. Transforming into digital society requires radical changes in the education system. While solving this issue, along with the aims of teaching, content, methods and forms, a new question arises - who are we teaching? The World Bank has investigated how the modern students interact with society and information flows. Experts agree that it's vital for the “Digital era” generation to participate in different cognitive activities in order to have the ability to adequately assess one's personality, think of the living strategy and become ready to self-realization.

Professional orientation is a complex problem for the “digital human” - student. It requires not only professional, but also social, psychological, economic and pedagogical research of personality, actualizing this issue in the prism of the theory of generations, which differentiates generations not only on demographic, but on value-oriented and psychographic basis.

Key words: Digital human; emotional intelligence; generation Z, mosaic thinking; professional orientation; theory of generations.

UDC 025.45/46

SCOPUS CODE 1403

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-34-57>

«Цифровая эра» и проблемы профессиональной ориентации в качественном процессе формирования студенческого контингента в университете

Мераб Микелашвили – департамент бизнес-администрирования, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: m.mikelashvili@gtu.ge

Рецензенты:

Н. Чиквиладзе, ассоциированный профессор факультета бизнес-технологий ГТУ

E-mail: n.chikviladze@gtu.ge

Ир. Мамаладзе, профессор факультета инженерной экономики, медиатехнологий и социальных наук ГТУ

E-mail: I.Mamamladze@gtu.ge

Аннотация. Преобразование в цифровое общество требует радикальных изменений в системе образования. При решении этой задачи, на ряду с традиционными вопросами, которые связаны с целями образования и воспитания, содержанием, методами и формами, возникает новый вопрос – кого мы учим? Всемирный банк исследовал взаимодействие современных студентов с обществом и информационными потоками. Эксперты сходятся во мнении, что для поколения «цифровой эры» жизненно важно участвовать в различных познавательных действиях с целью адекватного оценивания своей личности, анализа жизненных стратегий и готовности к самореализации.

Профессиональная ориентация является комплексной проблемой для «цифрового человека», как для будущего студента. Это требует не только профессионального, но и социального, психологического, экономического и педагогического исследования личности; актуализирует ее изучение в призме теории поколений, которая дифференцирует поколения не по возрастным, а по ценностно-психологическим принципам.

Ключевые слова: клиповое мышление; поколение Z; профессиональная ориентация; теория поколений; цифровой человек; эмоциональный интеллект.

განხილვის თარიღი 17.06.2020

შემოსვლის თარიღი 15.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 621.395.663.4

SCOPUS CODE 1404

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-58-67>

სატელეფონო ცენტრში ზარების ინდიკატორების განსაზღვრის ტექნოლოგიები

- ანა კობიაშვილი** ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: anakobia@hotmail.com
- ქეთევან ქუთათელაძე** საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: kkutateli@gmail.com
- ნოდარ დარჩიაშვილი** ეკონომიკური ინფორმატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: nodo619@gmail.com

რეცენზენტები:

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

E-mail: kkamkamidze@yahoo.com

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

E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

ანოტაცია. ნებისმიერ სატელეფონო ცენტრში ყოველდღიურად უამრავი ზარი შედის. ცენტრის მუშაობის დონის მაჩვენებლების შეფასების გარეშე რთულია განისაზღვროს ცენტრის მდგომარეობა. იმისათვის, რომ ვაკონტროლოთ ყველა მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი, საჭიროა გვქონდეს პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს რეალურ დროში მოვახდინოთ სხვადასხვა მონაცემის მონიტორინგი.

სტატიაში აღწერილია სატელეფონო ცენტრის მუშაობის დონის ყველა მნიშვნელოვანი ინდიკატორი, როგორცაა პასუხის მოლოდინის ხანგრძლივობა, ზარების მოცულობა, ზარზე მუშაობის ხანგრძლივობა, მომსახურების დონის მაჩვენებელი, იმ ზარების პროცენტული რაოდენობა, რომლის მეშვეობითაც მოხდა პრობლემის მოგვარება, გაწეული მომსახურების ხარისხის მაჩვენებელი; განხილულია თითოეული მათგანის დანიშნულება, მოყვანილია ზოგიერთი ინდიკატორის განსაზ-

ღვრის ფორმულები და მაგალითები, გაანალიზებულია სატელეფონო ცენტრში ოპერატორების ოპტიმალური რაოდენობის შერჩევის კრიტერიუმები, გაკეთებულია ზარების სხვადასხვა ინდიკატორის თეორიული და პრაქტიკული შეფასება, ჩამოყალიბებულია სატელეფონო ცენტრების მუშაობის ეფექტურობის ამაღლებისათვის აუცილებელი რეკომენდაციები.

საკვანძო სიტყვები: მომსახურების ხარისხის მაჩვენებელი; სატელეფონო ცენტრი; სატელეფონო ზარის ინდიკატორი; სატელეფონო ცენტრის ოპერატორი; ოპტიმიზაცია.

შესავალი

ნებისმიერი სატელეფონო ცენტრის წარმატებული მუშაობისთვის აუცილებელია მონაცემებზე თვალყურის დევნება. იმის გათვალისწინებით, რომ ცენტრში ყოველდღიურად უამრავი ზარი შედის, გარკვეული მაჩვენებლების გარეშე რთულია განისაზღვროს მისი მდგომარეობა. ეს ყველაფერი ძალიან მნიშვნელოვანს ხდის სწორი მაჩვენებლების არჩევას, რადგან როდესაც გადავწყვეტთ, რომ ყურადღება მივაქციოთ მუშაობის დონის რომელიმე მაჩვენებელს, ფაქტობრივად ამით ავსახავთ ჩვენი ბიზნესის რეალობას. თუ დავხარჯავთ შესაბამის დროს და ძალისხმევას ამ მაჩვენებლის კონტროლისათვის, მივიღებთ დადებით შედეგს ჩვენი ინვესტიციიდან. იმისათვის, რომ თვალთახედვის არეში გვქონდეს ყველა მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი, რეკომენდებულია გვქონდეს პროგრამული უზრუნველყოფა,

რომელიც საშუალებას მოგვცემს რეალურ დროში ვაკონტროლოთ მნიშვნელოვანი მონაცემები [1].

ძირითადი ნაწილი

წარსულში ორგანიზაციების მენეჯერები სატელეფონო ცენტრისათვის სტრატეგიულ გადაწყვეტილებებს ზოგად ცოდნასა და ბუნდოვან მოსაზრებებზე დაყრდნობით იღებდნენ, თუმცა სიტუაცია შეიცვალა. ციფრული ტექნოლოგიების ევოლუცია ნიშნავს, რომ მომსახურების ხარისხის შეფასების, ღირებული მიზნების დასახვის, ეფექტურობის გაზრდისა და მომსახურების დონის ამაღლებისათვის სატელეფონო ცენტრის მენეჯერებს შეუძლიათ გააკეთონ ინფორმირებული სტრატეგიული არჩევანი სხვადასხვა მაჩვენებლის გათვალისწინებით.

მომხმარებლის ლოიალობის ნომერ პირველი ფაქტორი მომხმარებლის ძალისხმევის შემცირებაა. უფრო მეტიც, გამოკითხული ადამიანების 77%-ის აზრით, მათი დროის დავსება ყველაზე მნიშვნელოვანი საქმეა ბიზნესისათვის, თუ სურს, რომ მომხმარებლებს მყარი მომსახურება მიაწოდოს [2]. Call Center Helping-ის გამოკითხვამ აჩვენა, რომ სატელეფონო ცენტრის 380 გამოკითხული მენეჯერიდან 95.7% მომხმარებლის კმაყოფილების დონეს მის ყველაზე მნიშვნელოვან მაჩვენებლად მიიჩნევს. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ნათელია, რომ სატელეფონო ცენტრის ოპტიმალური მუშაობისათვის აუცილებელია გაიზარდოს მომხმარებელთა კმაყოფილების დონე და შემცირდეს მოლოდინის ხანგრძლივობა.

პასუხის მოლოდინის ხანგრძლივობა არის სატელეფონო ცენტრის ყველაზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი, რადგან ის განსაზღვრავს მომხმარებლის პირველ შთაბეჭდილებას, როცა რეკავს სატელეფონო ცენტრში (სურ. 1).

არავისთვისაა სასიამოვნო მოლოდინის რეჟიმში ყოფნა. როცა ადამიანები სატელეფონო ცენტრს უკავშირდებიან, ეს ნიშნავს, რომ მათ აქვთ საკმარისად მნიშვნელოვანი პრობლემა იმისათვის, რათა მის მოგვარებას დრო დაუთმონ. მომხმარებლის ზარზე პასუხის სწრაფი გაცემით მათ დროს დავზოგავთ და მივცემთ დადებით შთაბეჭდილებას ჩვენს კომპანიაზე.



სურ. 1. პასუხის მოლოდინის ხანგრძლივობა კვირის დღეების მიხედვით

რა დროა მეტისმეტად ხანგრძლივი პასუხის მოლოდინში ყოფნისას? ამ კითხვაზე პასუხი სუბიექტურია, ამიტომ გადაწყვეტილების მიღებისათვის მიგმართოთ კონკრეტულ მონაცემებს. მოცემული გრაფიკი შექმნილია კომპანია OrderlyQ-ის მიერ და გვიჩვენებს,

თუ რამდენი მომხმარებელი თიშავს ზარს გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ [3] (სურ. 2).



სურ. 2. სატელეფონო ზარების გათიშვის დროის მაჩვენებლები

როგორც გრაფიკზე ვხედავთ, ზარის ინიციატორების დაახლოებით 35% ზარს თიშავს მოლოდინის 1 წუთის განმავლობაში, ხოლო 3 წუთის შემდეგ ეს რიცხვი 2/3-მდე იზრდება.

მიუხედავად იმისა, რომ ძნელია გამოვთვალოთ, თუ რამდენად დააზარალებს ჩვენს კომპანიას ესა თუ ის გამოტოვებული ზარი, რთული არაა ამის წარმოდგენა. თუ ადამიანს აქვს პრობლემა, ის რეკავს და იძულებულია ჩადგეს რიგში უფრო მეტი დროით, ვიდრე ამის სურვილი აქვს; ეს ზარის გათიშვას გამოიწვევს. ნაკლებად მოსალოდნელია, რომ ამის შემდეგ ასეთმა აბონენტებმა სხვა მომხმარებლებს გაუწიონ ჩვენს კომპანიასთან თანამშრომლობის რეკომენდაცია.

ასევე შესაძლოა, რომ მათ:

- გაავრცელონ ჩვენზე ცუდი ინფორმაცია სოციალურ მედიაში;
- შეწყვიტონ ჩვენი პროდუქტის ან მომსახურების გამოყენება;

- თავიანთ მეგობრებს გააგებინონ ჩვენი ცუდი მომსახურების შესახებ.

გამოსავალი მარტივია: უნდა დავრწმუნდეთ, რომ გვყავს საკმარისი რაოდენობის თანამშრომლები, იმისათვის რათა ვუპასუხოთ მოსალოდნელი რაოდენობის ზარებს ნებისმიერ დროს; ასევე გონივრული იქნება, თუ გვეყოლება უფრო მეტი ოპერატორი, ვიდრე ვთვლით, რომ გვჭირდება, რადგან ხშირად ვუშვებთ შეცდომებს ზარების რაოდენობის პროგნოზირებისას. აქედან გამომდინარე, საჭიროა გავაკეთოთ არჩევანი – ზედმეტი რაოდენობა თუ ოპტიმიზაცია. განვიხილოთ ისინი.

ოპტიმიზაცია. ეს ნიშნავს გვყავდეს ზუსტად იმდენი ოპერატორი, რამდენსაც ჩვენი მოთხოვნის პროგნოზირებისას დავადგენთ. ეს შეამცირებს ხარჯებს, თუმცა იმ შემთხვევაში, თუ თანამშრომლები ავად გახდებიან ან მოსალოდნელზე მეტ ზარს მივიღებთ, მოლოდინის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება. ამ ვარიანტის ყველაზე ცუდი შემთხვევა – ჩვენ ძალიან ბევრი უკმაყოფილო მომხმარებელი გვეყოლება, რაც გამოიწვევს რეკომენდაციებისა და კარგი შეფასებების დაკარგვას.

ოპერატორების ზედმეტი რაოდენობა. ეს მიდგომა უფრო მეტ ხარჯს მოითხოვს, თუმცა გვადლევს სტაბილურად დაბალი მოლოდინის ხანგრძლივობას და თუ ზოგიერთი ოპერატორი ავად გახდება ან მივიღებთ მოსალოდნელზე მეტ ზარს, მოლოდინის ხანგრძლივობა არ იქნება სასურველზე მაღალი. ამ მიდგომის ყველაზე ცუდი შემთხვევა – დაიხარჯება სასურველზე მეტი თანხა მეტი თანამშრომლის დასაქმებისთვის.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით, გონივრული იქნება თუ ჩავთვლით, რომ უნდა შევეგუოთ სა-

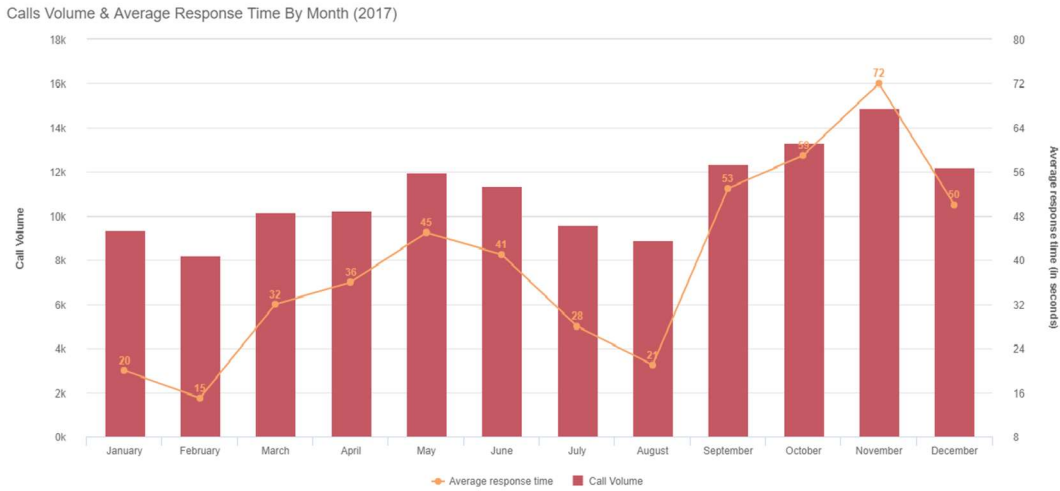
სურველზე მეტ ხარჯებს, რაც მომავალში უფრო მეტ სარგებელს მოგვიტანს, ვიდრე ხარჯს.

სატელეფონო ცენტრის მუშაობის დონის მეორე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია **ზარების მოცულობა**. იმის ცოდნა, თუ რამდენ ზარს ვიღებთ დროის მოცემულ მომენტში ძალიან სასარგებლოა თუ გვსურს, რომ მომხმარებელთა კმაყოფილების მაღალი და მოლოდინის ხანგრძლივობის დაბალი მაჩვენებელი შევინარჩუნოთ [4]. ყველაფერი, რისი გაკეთებაც გვჭირდება არის ვაკონტროლოთ თუ რამდენ ზარს ვიღებთ სამუშაო საათებში (სურ. 3). ეს დროთა განმავლობაში მოგვცემს შემდეგ ინფორმაციას:

- დღის ყველაზე დატვირთული დრო;
- კვირის ყველაზე დატვირთული დღეები;
- წლის ყველაზე დატვირთული თვეები.

ამ ინფორმაციის გამოყენებით შეგვიძლია კადრების რაოდენობა მოთხოვნის შესაბამისად დავაკორექტიროთ. ეს ციფრები ასევე შეგვიძლია გამოვიყენოთ აბსოლუტური გაგებით – იზრდება თუ მცირდება ჩვენს სატელეფონო ცენტრში შემომავალი ზარების რაოდენობა? იმისათვის, რომ მივიღოთ გონივრული მაჩვენებელი, ზარების მოცულობა უნდა შევადაროთ მომხმარებელთა რაოდენობას. მაშინ, როცა ყველა სხვა ფაქტორი უცვლელია, მეტი მომხმარებელი გამოიწვევს მეტ ზარს.

ამ ყველაფრის გათვალისწინებით, თუ ვხედავთ, რომ ზარების რაოდენობამ საგრძნობლად მოიმატა ბოლო 4 – 6 კვირის განმავლობაში, ეს შეიძლება უფრო ღრმა პრობლემის არსებობას ნიშნავდეს. აუცილებელია გავანალიზოთ ამ ზარების შინაარსი იმისათვის, რომ დავადგინოთ ჩვენ მიერ გამოშვებული ახალი პროდუქტი ან რაიმე ცვლილება ხომ არ არის ზარების რაოდენობის გაზრდის მიზეზი.



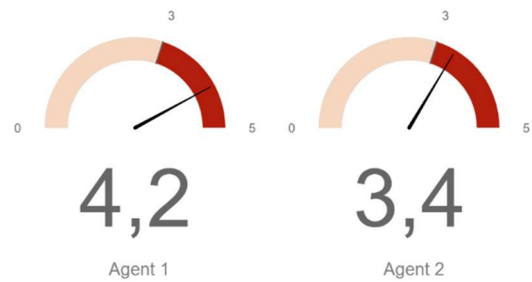
სურ. 3. ზარების მოცულობა და მათზე რეაგირების დრო

სატელეფონო ცენტრის მუშაობის მესამე მაჩვენებელია **ზარზე მუშაობის ხანგრძლივობა** ანუ დრო, რომელსაც ოპერატორები საშუალოდ ხარჯავენ ზარებზე მუშაობისას [5].

ამ მაჩვენებელთან მუშაობა არ არის იმდენად მარტივი, რამდენადაც შეიძლება ერთი შეხედვით მოგვეჩვენოს. მიუხედავად იმისა, რომ გვსურს კლიენტის პრობლემა რაც შეიძლება სწრაფად მოვაგვაროთ, უნდა დავრწმუნდეთ იმაში, რომ მათ ეფექტურ გამოსავალს ვთავაზობთ და არ ვაძლევთ ზედმეტად ნაჩქარევ, დაუფიქრებელ რჩევას. როგორც კომპანია Impact Learning ამბობს: „იმის მიუხედავად, რომ ზარზე მუშაობის დროის შემცირება ყველა სატელეფონო ცენტრის მიზანია, ეს არ უნდა გახდეს მისი უპირველესი მიზანი. თუ იმის ნაცვლად, რომ პრობლემა ძირფესვიანად იყოს გააზრებული, მომხმარებელს სწრაფ შემოვლით გზას შევთავაზებთ, ეს გამოიწვევს მათი კმაყოფილების დონის დაცემას, რამდენად სწრაფადაც არ უნდა მოხდეს პრობლემის მოგვარება [6].“

შეგვიძლია დავასახელოთ ამ მაჩვენებლის ოპტიმალური მნიშვნელობა, მაგალითად, 3 წუთი და ვნახოთ, თუ როგორ ასრულებენ ოპერატორები დასახულ მიზანს (სურ.4). ამის შემდეგ შეგვიძლია გამოვიკვლიოთ, რა იწვევს ამ მაჩვენებლის გაზრდას ან შემცირებას.

Average Call Handle Time (in minutes)



სურ. 4. ზარზე მუშაობის ხანგრძლივობის მაჩვენებლები

ზოგადად, მიზანი არ უნდა იყოს ზარზე მუშაობის საშუალო ხანგრძლივობის რაც შეიძლება დაბალი მაჩვენებლის მიღება. თუმცა, თუ ვხედავთ, რომ ეს მაჩვენებელი ნორმაზე ბევრად მაღალია, ეს ნიშ-

ნავს, რომ რაღაც პროცესში არაეფექტურობა გვაქვს და გვჭირდება მისი გამოსწორება.

სატელეფონო ცენტრის მუშაობის მეოთხე მაჩვენებელია **მომსახურების დონე**. ის გვიჩვენებს, თუ რამდენ ზარს პასუხობს ჩვენი სატელეფონო ცენტრი გარკვეული დროის ფარგლებში [7]. იმის გამო, რომ ეს მაჩვენებელი პირდაპირ კავშირშია მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხთან, მომსახურების დონე არის სატელეფონო ცენტრის ერთ-ერთი ყველაზე საყურადღებო მაჩვენებელი. ესაა გარკვეულ პერიოდში მომხმარებლისთვის გაწეული მომსახურების გაზომვადი რაოდენობა.

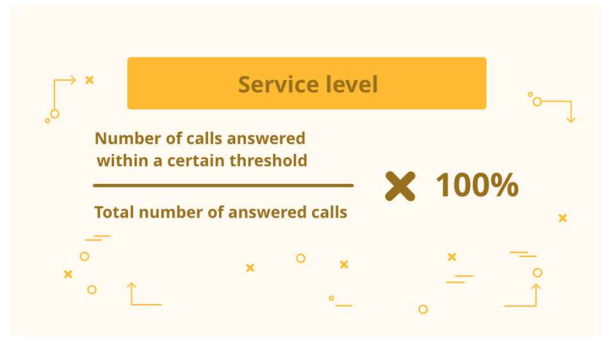
ეს მაჩვენებელი, სატელეფონო ცენტრის კონტექსტში, გვიჩვენებს პასუხგაცემული ზარების პროცენტულ რაოდენობას განსაზღვრულ პერიოდში (სურ.5).

სამწუხაროდ, მომსახურების დონის გამოთვლა სადავო საკითხია იმიტომ, რომ მნიშვნელობის მანიპულაცია მარტივადაა შესაძლებელი და დამოკიდებულია მისი გამოთვლის ფორმულაზე. განვიხილოთ მომსახურების დონის გამოსათვლელი რამდენიმე ფორმულა.

ქვემოთ მოცემულ ფორმულებს გამოვიყენებთ ერთსა და იმავე მონაცემებზე. ჩავთვალოთ, რომ სატელეფონო ცენტრში 1 საათის განმავლობაში:

- პასუხი გაეცა 800 ზარს;
- პასუხის გაცემამდე გაითიშა 50 ზარი;
- 30 წამის განმავლობაში პასუხი გაეცა 680 ზარს;
- 30 წამის შემდეგ პასუხის გაცემამდე გაითიშა 30 ზარი;

- 5 წამის განმავლობაში პასუხის გაცემამდე გაითიშა 8 ზარი.



სურ. 5. ზარების მომსახურების დონის მაჩვენებლის განსაზღვრა

მომსახურების დონის გამოსათვლელი უმარტივესი ფორმულაა (ფორმულა 1):

პასუხგაცემული ზარების სრული რაოდენობა/ზარების სრული რაოდენობა

თუ მნიშვნელობებს მოვარგებთ, მივიღებთ:

$$800 / 850 * 100\% = 94\%.$$

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ამ ფორმულით მნიშვნელობის გამოთვლისას ყურადღებას არ ვაქცევთ, თუ რა დროის განმავლობაში მოხდა პასუხის გაცემა ან გაითიშა.

ფორმულა 2-ს აქვს შემდეგი სახე:

*გარკვეული დროის განმავლობაში პასუხგაცემული ზარების რაოდენობა/პასუხგაცემული ზარების სრული რაოდენობა * 100%.*

ჩვენს მაგალითში ეს არის: $(680/800)*100\% = 85\%$.

მომსახურების დონის მნიშვნელობა არის 85%, თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ეს ფორმულა არ ითვალისწინებს გათიშული ზარების რაოდენობას.

ფორმულა 3 ითვალისწინებს ყველა ზარის რაოდენობას, თუმცა ის დადებითად თვლის გარკვეული დროის განმავლობაში გათიშულ ზარებს.

*გარკვეული დროის განმავლობაში პასუხგაცემული ზარების რაოდენობა + გარკვეული დროის განმავლობაში გათიშული ზარების რაოდენობა/პასუხგაცემული ზარების სრული რაოდენობა + გათიშული ზარების სრული რაოდენობა * 100%.*

შედეგად ვიღებთ: $(680 + 20)/(800 + 50) * 100 = 82\%$.

სატელეფონო ცენტრის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია **იმ ზარების პროცენტული რაოდენობა, რომლის მეშვეობითაც მოხდა პრობლემის მოგვარება** (First Call Resoultion – FCR) [8]. განვიხილოთ ასეთი მაგალითი: სადამოს 6 საათზე გვიკავშირდება მომხმარებელი, რომელსაც პრობლემა აქვს და მისი მოგვარებისთვის ჩვენი დახმარება სჭირდება. მან იცის, რომ ცენტრი 6:30 საათზე ამთავრებს მუშაობას. მას პრობლემის მოგვარება იმავე დღეს სჭირდება. ოპერატორი პასუხობს, რომ შეასრულოს გარკვეული მოქმედება და შემდეგ გადაურეკოს. შემდეგ ის თიშავს ზარს და თვლის, რომ მომხმარებლის პრობლემა სწრაფად მოაგვარა. თუმცა უფრო გონივრული იქნებოდა, თუ ის დარჩებოდა ხაზზე და დარწმუნდებოდა, რომ პრობლემა ნამდვილად მოგვარდა. იმ შემთხვევაში, თუ მიცემული რჩევა მომხმარებლისათვის სასარგებლო არ აღმოჩნდება, მას მოუწევს ხელმეორედ დარეკოს, რაც მისთვის საკმაოდ დისკომფორტს შექმნის.

ასეთ შემთხვევაში მომხმარებელმა შეიძლება გადაიფიქროს ჩვენთან ხელმეორედ დარეკვა და საერთოდ შეწყვიტოს ჩვენი მომსახურებით სარგებლობა.

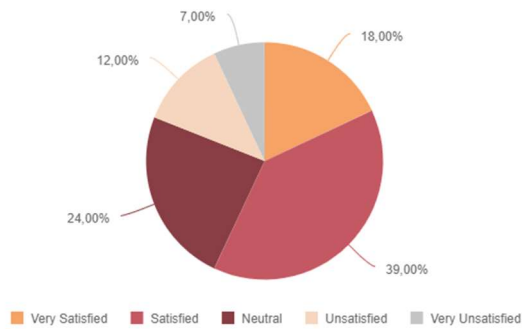
FCR მაჩვენებლის გაზომვა არ არის მარტივი, თუმცა არსებობს რამდენიმე გზა, რომლებიც შეგიძლია გამოვიყენოთ შედეგის მიღებისთვის:

- იღებს თუ არა მომხმარებელი საკმარისად სასარგებლო ინფორმაციას პირველ ზარზე?
- რამდენი მომხმარებელი უკავშირდება ჩვენს სატელეფონო ცენტრს ხელმეორედ 7 დღის განმავლობაში?
- როგორ აფასებენ მომხმარებლები მიღებულ დახმარებას გამოკითხვებში?
- ვანდოთ ექსპერტს მომხმარებლისთვის მიცემული ინფორმაციის ხარისხის შეფასება.

გაწეული მომსახურების ხარისხის მაჩვენებელი სატელეფონო ცენტრისათვის მნიშვნელოვანი ინფორმაციაა. მისი მიღება შესაძლებელია ავტომატური გამოკითხვის მეშვეობით, რომელიც ზარის ბოლოს მომხმარებელს ჰკითხავს, თუ როგორ შეაფასებს ის მიღებულ მომსახურებას (სურ.6).

ეს მაჩვენებელი უფრო კონკრეტულ ინფორმაციას გვაძლევს, ვიდრე მომხმარებელთა ზოგადი კმაყოფილება. ის ძალიან სასარგებლოა იმის დადგენისათვის, თუ რომელი ოპერატორი ასრულებს თავის სამუშაოს უნაკლოდ და რომელს სჭირდება მეტი მომზადება. თუმცა მხოლოდ ამ მაჩვენებლის გათვალისწინებით არ უნდა მივიღოთ სწრაფი გადაწყვეტილება, რადგან ზოგიერთი მომხმარებელი შეიძლება უბრალოდ ცუდ ხასიათზე იყოს და, ამის გამო, დააფიქსიროს დაბალი შეფასება, რაც მისი მოპასუხე ოპერატორის შეფასებაზე არამართებულად ცუდად აისახება.

Quality of Support



სურ. 6. გაწეული მომსახურების ხარისხის მაჩვენებელი

ამდენად, აუცილებელია ამ მაჩვენებელზე თვალყურის დევნება სულ მცირე რამდენიმე კვირის ან რამდენიმე თვის განმავლობაში. რამდენიმე დღე მოკლე დროა იმისათვის, რომ ამ მაჩვენებლისაგან სასარგებლო ინფორმაცია მივიღოთ.

დასკვნა

სატელეფონო ცენტრის ეფექტური მუშაობა არ არის მარტივი მისაღწევი. სოციალური მედიის, შეტყობინებებისა და სხვა თანამედროვე ტექნოლოგიების არსებობისა და მათი ფართო გამოყენების მიუხედავად, ადამიანები მაინც იყენებენ ტელეფონს კითხვების დასასმელად, დახმარების სათხოვნელად, პროდუქტის შესაძენად და პრობლემების მოსაგვარებლად. დიდი დატვირთულობისა და მცირე დროის გამო, სატელეფონო ცენტრის ეფექტური მუშაობა საკმაოდ რთულია, თუმცა სწორი მაჩვენებლების თვალყურის დევნებითა და მათზე გარკვეული ზემოქმედებით შეგვიძლია გავაუმჯობესოთ სატელეფონო ცენტრის მუშაობა.

ლიტერატურა

1. URL: <https://www.datapine.com/blog/call-center-metrics-and-kpis/>
2. URL: <https://www.openaccessbpo.com/blog/6-forms-of-data-analytics-in-the-call-center/>
3. URL: <https://www.tenfold.com/customer-experience/managing-call-queues-customer-service-call-centers>
4. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Call_centre
5. URL: <https://www.qubole.com/blog/call-center-analytics/>
6. URL: <https://www.explainthatstuff.com/voicerecognition.html>
7. URL: <https://www.analyticsindiamag.com/doing-more-with-real-time-speech-analytics-a-showcase/>
8. URL: <http://www.nexidia.com/about-nexidia/news/what-every-call-center-needs-to-know-about-speech-analytics/>

UDC 621.395.663.4

SCOPUS CODE 1404

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-58-67>

Tecnologies of defining the indicators of call centre

- Ana Kobiashvili** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: anakobia@hotmail.com
- Ketevan Kutateladze** Department of Industrial Innovations and Operations Management, 75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: kkutateli@gmail.com
- Nodar Darchiashvili** Department of Economic Informatics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: nodo619@gmail.com

Reviewers:

- K. Kamkamidze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com
- M. Kiknadze**, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems. GTU
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Abstract. A great number of calls enter call centres daily. It is difficult to determine the state of the call centre without evaluation of the indicators of the call centre operational level. In order to control all significant indicators it is necessary to have software, which will allow a real-time monitoring of various data.

The paper describes all significant indicators of operational level of the call centre, such as the duration of waiting for the answer; volume of calls; the duration of call treatment; service level indicator; the percentage of those calls, which helped to fix the problem; the quality of conducted services. The assignments of each of them are discussed, definatory formulae and examples of some indicators are given, criteria for selection of an optimal number of call centre operators are analyzed, theoretical and practical assessments of various indicators of calls are conducted and necessary recommendations for improving the performance of a call centre are formed as well.

Key words: Call centre; call centre operator; level indicator of a phone call; optimization; service quality indicator.

UDC 621.395.663.4

SCOPUS CODE 1404

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-58-67>

Технологии определения индикаторов звонков в кол-центре

- Анна Кобиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: anakobia@hotmail.com
- Кетеван Кутателадзе** Департамент промышленных инноваций и управление операциями, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: kkatateli@gmail.com
- Нодар Дарчиашвили** Департамент экономической информатики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: nodo619@gmail.com

Рецензенты:

- К. Камкамидзе**, Профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: kkamkamidze@yahoo.com
- М. Кикнадзе**, Профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: m.kiknadze@gtu.ge

Аннотация. В любой кол-центр каждый день входит большое количество звонков. Без оценки показателей уровня работы центра трудно определить состояние кол-центра. Для того, чтобы контролировать все важные показатели, нужно иметь программное обеспечение, которое позволит в реальном времени производить мониторинг различных данных.

В статье описываются все важные индикаторы уровня работы кол-центра, такие как продолжительность времени ожидания ответа, объем звонков, продолжительность обработки звонков, показатель уровня обслуживания, процентное количество тех звонков, с помощью которых была решена проблема, показатель качества проведенного обслуживания. А также рассматривается предназначение каждого из них, приведены формулы определения и примеры некоторых индикаторов, анализируются критерии выбора оптимального количества операторов кол-центра, произведена теоретическая и практическая оценка различных индикаторов звонка, даны необходимые рекомендации для улучшения эффективности работы кол-центра.

Ключевые слова: индикатор уровня телефонного звонка; кол-центр; оператор кол-центра; оптимизация; показатель качества обслуживания.

განხილვის თარიღი 12.05.2020

შემოსვლის თარიღი 19.05.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 621.397.2

SCOPUS CODE 1711

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-68-74>

ოთხგანზომილებიან სიგნალთა არაოპტიმალური კომბინირება

- ნოდარ უდრელიძე** რადიოტექნიკისა და მაუწყებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: toban555@gmail.com
- დავით აკობია** რადიოტექნიკისა და მაუწყებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: dato41814@gmail.com
- მიხეილ ჭოხონელიძე** რადიოტექნიკისა და მაუწყებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: misha.chokhon@gmail.com

რეცენზენტები:

დ. ბერიაშვილი, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: d.beriaashvili@gtu.ge

ფ. ბოგდანოვი, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: faik.bogdanov@emcos.com

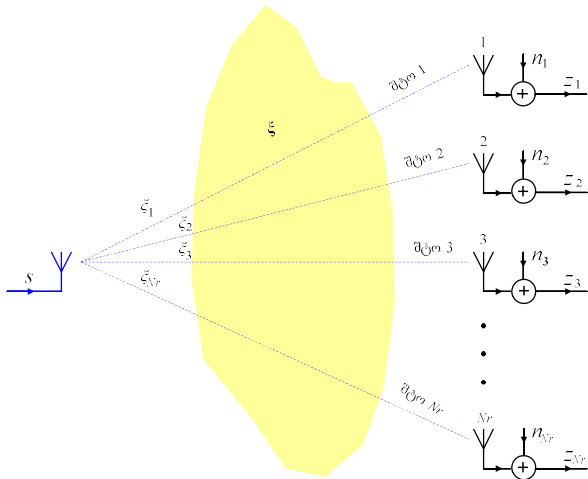
ანოტაცია. არხებში სიგნალების გადაცემისას, გაუსის ადიტიურ თეთრ ხმაურთან ერთად, ადგილი ჰქონდა ფედინგის მოქმედებას. ითვლება, რომ ამ დროს სიგნალის ამპლიტუდა (მომვლენი) ფლუქტუირებდა რელეს განაწილებით. აქ და შემდგომშიც მიღებულია, რომ ფედინგი არის ნელი და სიხშირულად არასელექციური. ანტენათა მიმორიგების შემდგომი სიგნალების კომბინირება განხორციელებულია ამორჩევითი სქემით. შეფასებულია 2FSK-8PSK და 2FSK-8APSK სიგნალების ბაზაზე აგებულ სისტემათა მახასიათებლები კომპიუტერული მოდელირების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: ანტენა; არხი; სიგნალი; ფედინგი.

შესავალი

იდეა, რომ ფედინგის გავლენის შესამცირებლად გამოყენებულიყო სივრცეში მიმორიგებული რამდენიმე მიმღები (მიმღები ანტენა) საკმაოდ მოძველდა, რომელიც ეყრდნობოდა მოსაზრებას, რომ ასეთ შემთხვევაში ერთ-ერთ ანტენაზე მაინც შეიძლება აღმოჩნდეს ყველაზე ძლიერი სიგნალი და მოსალოდნელია, რომ მიმღებ ანტენათა რაოდენობის გაზრდით ასეთი ფაქტის არსებობის ალბათობა გაიზარდოს.

ფედინგან არხში გადაცემული სიგნალის მიმორიგებული მიღების სქემატური გამოსახულება ნაჩვენებია 1-ელ სურ-ზე, რომელიც მათემატიკურად შეიძლება შემდეგ



სურ. 1. სიგნალის მიმორიგებული (პარალელური) მიღების პრინციპული სქემა

ზოგადი ფორმით იქნეს წარმოდგენილი:

$$z = \xi s + n, \quad (1)$$

რომელშიც $z = [z_1, z_2, \dots, z_{N_r}]$ არის სიგნალ-ვექტორი მიმღების გამოსასვლელზე, $\xi = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{N_r}]$ – ფედინგის ვექტორი, $s = [s]$ – გადაცემული სიგნალ-ვექტორი, ხოლო $n = [n_1, n_2, \dots, n_{N_r}]$ – ადიტიური ხელშეშლა გაუსის განაწილებით. ზოგადად, მოყვანილ მატრიცათა ელემენტები კომპლექსური სიდიდეებია. აქ და შემდგომში, გაუსის ხელშეშლებთან დაკავშირებით, ვუშვებთ, რომ მათ აქვთ ერთნაირი დისპერსია და ნულის ტოლი მათემატიკური ლოდინი.

[1]-ის მიხედვით, თუ შტოებში არსებულ სიგნალებს შორის ანუ ე.წ. მიმორიგებულ სიგნალებს შორის კორელაციის კოეფიციენტი $\rho < 0.6$, მაშინ მიმორიგებული მიღება პრაქტიკულად არ უბჯო-

ბესდება. ამ დროს [1]-ში მოყვანილი კერძო შემთხვევისათვის ჩანს (იხ. [1], სურ. 5. 1), რომ მიმღებ ანტენებს შორის მანძილი $L = (10 - 15)\lambda$, სადაც λ სიგნალის ტალღის სიგრძეა.

უნდა ითქვას, რომ 1-ელ სურ-ზე მოყვანილის ანალოგიური სქემა პირველად რეალიზებული იყო 1927 წელს რადიო-სატელეფონო კავშირის განხორციელებისას მოკლესტალიან დიაპაზონში. მხოლოდ რამდენიმე ათეული წლის შემდეგ გამოქვეყნდა სერიოზული კვლევის შედეგები აღნიშნული მიმართულებით [1-6]. კერძოდ, აღმოჩნდა, რომ მიმორიგებულ მიმღებთა გამოსასვლელზე არსებულ სიგნალთა გარკვეული წესით კომბინირებით შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს მიმორიგების ეფექტურობა [3-5].

კომბინირების სხვადასხვა სქემა მოცემულია ნაშრომებში [1-6]. მათგან განვიხილავთ მარტივ არაოპტიმალურ სქემას 2FSK-8PSK და 2FSK-8APSK სიგნალების შემთხვევაში [7,8].

ტექსტში ჩანაწერი SNR აღნიშნავს სიგნალ-ხელშეშლის თანაფარდობის საშუალო მნიშვნელობას, ხოლო SER – შეცდომის ალბათობას ერთი ელემენტარული სიგნალის შესაბამის სიმბოლოზე [7].

ძირითადი ნაწილი

ამ შემთხვევაში, განვიხილავთ სქემას, რომელიც ლიტერატურაში ამორჩევითი კომბინირების (Selection Combinig - SC) სქემის სახელითაა ცნობილი [1-6]. ის მოცემულია მე-2 სურ-ზე. აქ ხელსაყრელი j შტოს და შესაბამისი z_j სიგნალის ამორჩევა ხდება, SC ბლოკის გამოყენებით, შემდეგი პირობებით:

$$z_j = \max_c [Wz_c], \quad c \in \{1, 2, \dots, N_r\}, \quad (2)$$

რომელშიც Wz_c არის z_c -ის სიმძლავრე ან ხელსაყ-

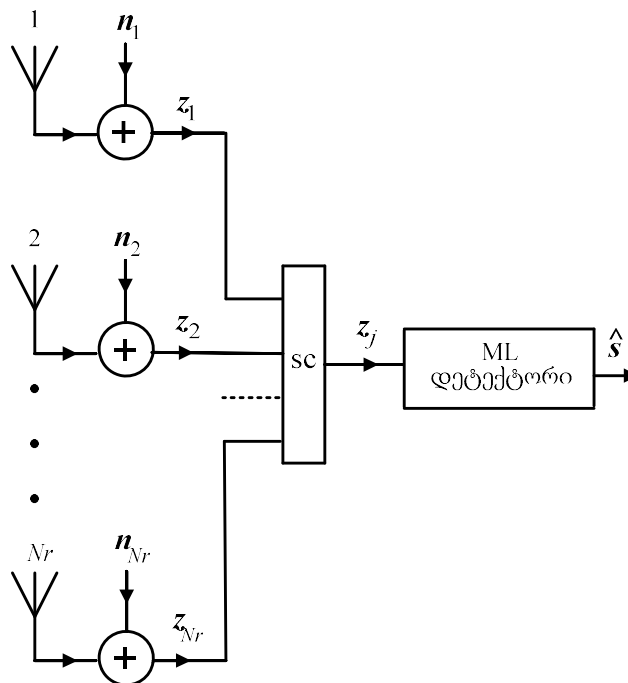
რელი j შტოს ამორჩევა შეიძლება განხორციელდეს SNR-ის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით; მაგრამ, როგორც [1,5]-ში არის აღნიშნული, ეს ართულეებს სქემას, თუმცა მისი რეალიზაცია შესაძლებელია. ამ შემთხვევაში:

$$z_j = \max_c [\text{SNR}_c], c \in \{1, 2, \dots, N_r\}. \quad (3)$$

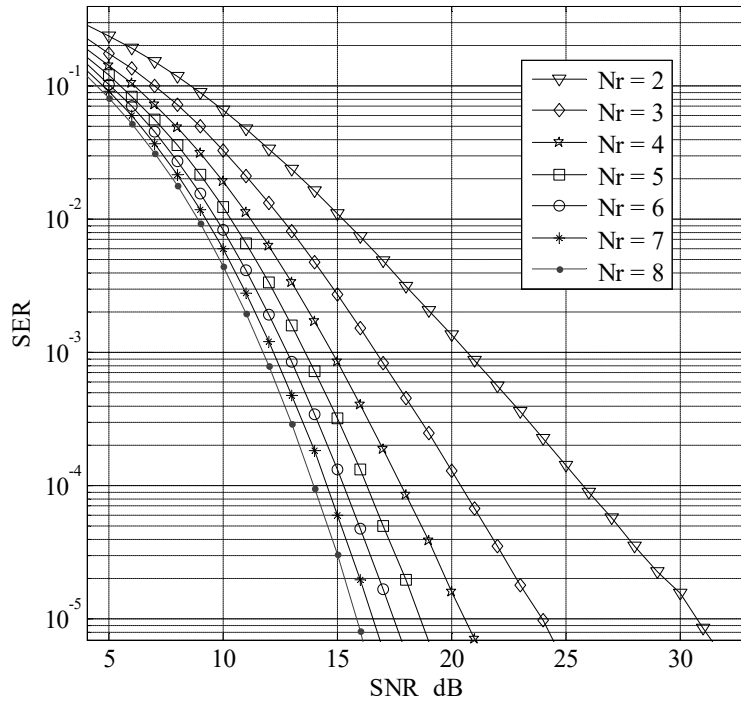
მე-3 სურ-ზე წარმოდგენილია SER მახასიათებლები 2FSK-8PSK სიგნალისათვის $h = 0.4$ მოდულაციის ინდექსით და $\varphi = [0 \ 27 \ 90 \ 117 \ 180 \ 207 \ 270 \ 297]$ ფაზათა მნიშვნელობებით (გრადუსებში). მოცემულ სიგნალზე არხში გაუსის ხმაურთან ერთად მოქმედებდა ფედინგი რელეს განაწილებით (ანუ ნაკაგამის განაწილებით, როცა $m = 1$). სიგნალები მიიღება მე-2 სურ-ზე ნაჩვენები სქემის და (2) გამოსახულების მიხედვით, მიმღები ანტენების $N_r = 2 - 8$ რაოდენობის შემთხვევისათვის.

მოყვანილი სურათიდან ჩანს, რომ ენერგეტიკული მოგება $N_r = 8$ შემთხვევაში $N_r = 2$ შემთხვევასთან შედარებით 15 dB-მდეა.

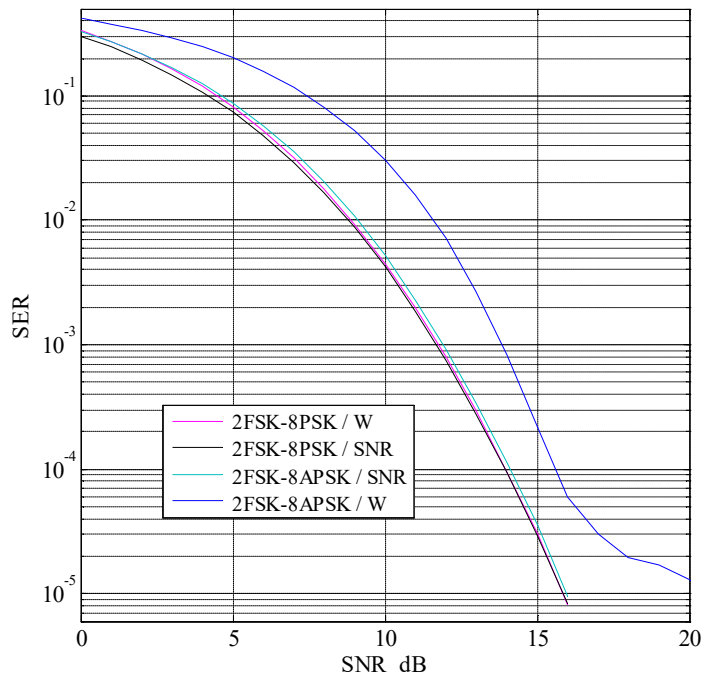
იმისათვის, რომ გარკვეულწილად შეგვეფასებინა (2) და (3) გამოსახულებების გამოყენებით მიღებული შედეგების განსხვავება, ჩავატარეთ მოდელირება, რომლის დროსაც რელეს არხში გადაიცემოდა 2FSK-8PSK ($h=0.4$) და 2FSK-8APSK ($h=0.3$) სიგნალები. ხელსაყრელი შტო ამორჩა შემოსული z სიგნალის W სიმძლავრის ან SNR-ის მიხედვით. შედეგები მოცემულია მე-4 სურათზე, საიდანაც ჩანს, რომ თუ შტოს ამორჩევა ხდება მიღებული სიგნალის სიმძლავრის მიხედვით, მაშინ 2FSK-8APSK სიგნალს აქვს გაცილებით უარესი ენერგეტიკული მახასიათებელი ($\text{SER} < 10^{-5}$ დროს), ვიდრე ყველა



სურ. 2. ამორჩევითი კომბინირების სქემა



სურ. 3. 2FSK-8PSK სიგნალის SER მახასიათებლები რელეს არხში, როცა $h=0.4$



სურ. 4. 2FSK-8PSK და 2FSK-8APSK სიგნალების SER მახასიათებლები რელეს არხში, კომბინირების SC სქემის გამოყენებისას, როცა $N_r = 8$.

სხვა დანარჩენს. ამავე სურ-დან ჩანს, რომ 2FSK-8PSK სიგნალისათვის პრაქტიკულად მნიშვნელობა არ აქვს, როგორი წესით იქნება შტო ამორჩეული – (2) თუ (3) გამოსახულების მიხედვით. 2FSK-8APSK სიგნალის ფაზათა მნიშვნელობებია [8] : $\varphi = [0 \ 9 \ 90 \ 99 \ 180 \ 189 \ 270 \ 279]$.

დასკვნა

შეფასებულია 2FSK-8PSK და 2FSK-8APSK სიგნალების ბაზაზე აგებულ სისტემათა SER მახასიათებლები რელეს არხებში კომპიუტერული მოდელირების საფუძველზე. ნაჩვენებია, რომ წარმოდგენილ

სქემაში, როცა საუკეთესო შტოს ამორჩევა ხდება მიღებული სიგნალის მაქსიმალური სიმძლავრის მიხედვით, 2FSK-8PSK სიგნალი გაცილებით ხელშემლამდგრადია 2FSK-8APSK სიგნალთან შედარებით.

აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება № FR-19-105) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ლიტერატურა

1. Zyuko A. G. Efficiency and noise immunity of communication systems. M.: “Sviaz”, 1972. (In Russian).
2. Sklar B. Digital communications. 2th ed. by Prentice Hall PTR. 2001.
3. Brennan D.G. Linear diversity combining technique. Proceeding of the IRE. Vol. 47. 1959, 1075-1102 pp.
4. Isomäki P., Isoaho J. On diversity combining. University of Turku. Turku Centre for Computer Science. Technical report. 2008, 1-25 pp.
5. Fink L.M. The theory of discrete messages transmission system. M.: „Sov. Radio”. 1970. (In Russian).
6. Lee W.C.Y. Mobile communications engineering. Publisher: “McGraw-Hill Professional”. 1st Edition. 1982.
7. Ugrelidze N., Shavgulidze S., Sordia M. New four-dimensional signal constellations construction. IET communications journal. Vol. 14. Iss. 10. 2020, 1554-1559 pp.
8. Ugrelidze N., Shavgulidze S. Combined frequency and amplitude-phase shift keying modulation in a four-dimensional space. International journal of electronics and communications (AEÜ), submitted for publication.

UDC 621.396.946

SCOPUS CODE 1711

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-68-74>

Sub-optimal combining of four-dimensional signals

- Nodar Ugrelidze** Department of Radio-Engineering and Broadcasting, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: toban555@gmail.com
- David Akobia** Department of Radio-Engineering and Broadcasting, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: dato41814@gmail.com
- Mikheil Chokhonelidze** Department of Radio-Engineering and Broadcasting, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: misha.chokhon@gmail.com

Reviewers:

- D. Beriashvili**, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: d.beriashvili@gtu.ge
- F. Bogdanov**, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: faik.bogdanov@emcos.com

Abstract. The article discusses the issue of signal transmission in channels where fading takes place along with additive white Gaussian noise. It is commonly supposed that at this time the signal amplitude (envelope) was fluctuated with the Rayleigh distribution. It is accepted that fading is slow and frequency is non-selective. For transmit diversity from antennas, their combination with signals is carried out in a selective scheme. The characteristics of systems based on 2FSK-8PSK and 2FSK-8APSK signals are evaluated with the help of computer simulation.

Key words: Antenna; channel; fading; signal.

UDC 621.396.946

SCOPUS CODE 1711

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-68-74>

Суб-оптимальное комбинирование четырехмерных сигналов

- Нодар Угрелидзе** Департамент радиотехники и радиовещания, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: toban555@gmail.com
- Давид Акобия** Департамент радиотехники и радиовещания, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: dato41814@gmail.com
- Михаил Чохонелидзе** Департамент радиотехники и радиовещания, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: misha.chokhon@gmail.com

Рецензенты:

- Д. Бериашвили**, профессор факультета энергетики и телекоммуникаций ГТУ
E-mail: d.beriaшvili@gtu.ge
- Ф. Богданов**, профессор факультета энергетики и телекоммуникаций ГТУ
E-mail: faik.bogdanov@emcos.com

Аннотация. Фединг происходил с гауссовым аддитивным белым шумом при передаче сигналов по каналам. Считается, что в это время амплитуда (огибающая) сигнала имеет распределение Рэлея. Принято здесь и в дальнейшем, что фединг происходит медленно и частотно не избирательно. Дальнейшее комбинирование сигналов, разнесённых антенн, осуществляется схемой выбора. Оценены характеристики систем на основе сигналов 2FSK-8PSK и 2FSK-8APSK с помощью компьютерного моделирования.

Ключевые слова: антенна; канал; сигнал; фединг.

განხილვის თარიღი 28.07.2020

შემოსვლის თარიღი 13.08.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 550.89

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-75-104>

**ანომალურად მაღალი ფენის წნევების წარმოშობის და გავრცელების გეოლოგიური
პირობები ნინოწმინდის და მანავის საბადოების დანალექ საფარში
(თბილისის მიმდებარე ნავთობგაზიანი რაიონი)**

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

რეცენზენტები:

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

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

ვ. ხითარიშვილი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: v.khitarishvili@gtu.ge

ანოტაცია. ანომალურად მაღალი ფენის წნევის (ამფწ) ზონები ფართოდაა გავრცელებული მსოფლიოს მრავალი ნავთობგაზიანი ოლქის დანალექ საფარში, მათ შორის ჩვენი საბადოების ფარგლებში. შესაბამისი ინტერვალების ბურღვისას წარმოქმნილი გართულებების დასაძლევად დიდი დრო და სახსრები იხარჯება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ჯაბურღილის თვითღირებულებას. აქედან გამომდინ-

ნარე, ამფწ-ის წარმოშობის და გავრცელების ზონების პროგნოზირების საკითხების კვლევა ღრმა ჯაბურღილების ბურღვის ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემათა რიცხვს მიეკუთვნება. ლიტერატურული წყაროების, ბურღვის, გეოლოგიური და გეოფიზიკური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე ირკვევა, რომ შესწავლილი ტერიტორიის დანალექ საფარში ამფწ-ის წარმოშობას ძირითადად განაპირობებს: ხანგრძლივად დაძირვის ტენდენციის მქონე ვრცელი

სედიმენტაციური აუზის არსებობა, ბენტონიტებით მდიდარი მძლავრი პლასტიკური თიხოვანი ქანების ფართო გავრცელება, მასალის დალექვის სიჩქარის პრიმატი ნალექების გამკვრივების ხანგრძლივობის მიმართ, ქანების ინტენსიური დანაოჭება და რღვევითი დისლოკაციების ხშირი ქსელი. ამფწ-ის ზონა სტრატиграფიულად შეესაბამება, ძირითადად, შუა-სარმატულ-მაიკოპურ-ზედაეოცენურ ქვიშათიხოვან წყებების გავრცელების ინტერვალს. ფენის წნევის გრადიენტის მაქსიმუმები რაიონის ფარგლებში საშუალოდ ცვალებადობს 1,75–1,85-დან 2,00–2,20-მდე, ამფწ-ის ზონის გავრცელების ინტერვალში – 600–2200მ-დან 3700–4500მ-მდე, სიმძლავრეები – 700–2100მ-დან 2500–3000მ-მდე. ეს პარამეტრები ზოგადად არათანაბრად მატულობს სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისკენ - პლასტიკური თიხოვანი ქანების სიმძლავრეების, მათი დაძირვის სიღრმის და ტექტონიკური დამაბულობის გაზრდის მიმართულებით. ამასთან ერთად, აღნიშნულ კანონ-ზომიერებაში კორექტივები შეაქვს ცალკეული უბნების გეოლოგიური აგებულების თავისებურებებს: ამფწ-ის ზონა ჰიფსომეტრიულად ამოწეულია რღვევებით გართულებული ანტიკლინების თაღებში, დაძირულია სინკლინურ დეპრესიებში, სიმძლავრეების და ფენის წნევის გრადიენტის მნიშვნელობები ანტიკლინის ფარგლებში ნაკლებია, ვიდრე სინკლინების მულდებში.

საკვანძო სიტყვები: ანომალურად მაღალი ფენის წნევა (ამფწ), ანომალურობის კოეფიციენტი, ანტიკლინი, ბურღვა, გეოლოგიური ჭრილი, ზონა, თიხოვანი ქანი, მონტმორილონიტი, ნაოჭი, სინკლინი, ჭაბურღილი.

შესავალი

ღრმა ჭაბურღილების ბურღვა, განსაკუთრებით რთული გეოლოგიური აგებულების ნაოჭა ზონებში, უპირობოდ გულისხმობს დიდი ენერჯის მქონე ფენების წინააღმდეგობის დაძლევას. ეს ძირითადად ეხება ანომალურად მაღალი ფენის წნევის მქონე დანალექ ქანებს, პირველ რიგში დისლოცირებულ მძლავრ თიხურ წარმონაქმნებს. ასეთ პირობებში ბურღვას თან ახლავს ფლუიდების გამოვლენა, ამოსროლა, ჭაბურღილის ლულის კედლების შევიწროება, ჩამონგრევა, რაც ხშირად საბურღი იარაღის მოძრაობის უნარის დაკარგვას იწვევს. ამ პრობლემების გადაჭრას, ტრადიციულად, დიდი სიმკვრივის მქონე სარეცხი სითხის გამოყენებით ცდილობენ, რაც, თავის მხრივ, ახალი გართულებების წარმოშობის მიზეზი ხდება. ეს ყველაფერი, საბოლოო ანგარიშით, იწვევს ბურღვის მექანიკური სიჩქარის შემცირებას, დროის გაჭიანურებას და ჭაბურღილის მშენებლობის ხარჯების გაზრდას. გამოთვლილია, რომ ანომალურად მაღალი ფენის წნევებით განპირობებული გართულებების სალიკვიდაციოდ მსოფლიოში ყოველწლიურად მილიარდობით აშშ დოლარი იხარჯება. ამ მხრივ გამონაკლისი არც საქართველოა - ეს პრობლემა ჭაბურღილების ბურღვის პროცესში ხშირად იჩენს თავს და მისი შედეგების აღმოსაფხვრელად გაწეული ხარჯებიც სოლიდურია.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადი ხდება თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ანომალურად მაღალი ფენის წნევის წარმოშობის პირობების შესწავლას და მათი გავრცელების ზონების სიმძლავრეებისა და განლაგების ინტერვა-

ლების პროგნოზირებას ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილებში. მით უმეტეს თუ გავითვალისწინებთ, რომ ღრმა ჭაბურღილების ბურღვა საქართველოში, მეტწილად, რთული გეოლოგიური აგებულების რაიონებში მიმდინარეობს. ამ მიმართულებით ჩატარებულმა კვლევის შედეგებმა, საბოლოო ანგარიშით, უნდა უზრუნველყოს უსაფრთხო ბურღვა სარეცხი სითხის მინიმალური სიმკვრივის და ფენა-ჭაბურღილის მოქნილი, დაბალანსებული წნევის პირობებში.

სანამ წინამდებარე ნაშრომის სათაურში დასმული პრობლემის უშუალო განხილვას შევუდგებოდეთ, უპრიანი იქნება, მოკლედ შევხვით ტერმინოლოგიის საკითხებს, ვინაიდან ცნობილია, რომ ამ მხრივ სრული თანხმობა არ სუფევს სპეციალისტებს შორის. ჩვენი მოსაზრებით, ქვემოთ მოტანილი ახსნა-განმარტებები მეტ-ნაკლები სიცხადით ასახავს საკითხის შინაარსს და გაზიარებულია მკვლევართა უმეტესობის მიერ. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ გასაგები მიზეზების გათვალისწინებით, ტერმინები არ არის დალაგებული ანბანის მიხედვით.

სამთო წნევა სიდიდეა, რომლის ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება ნებისმიერი ქანი ან სამთო განმუშევრების კედლები ლითონფეროს რომელიმე წერტილში; იყოფა გეოსტატიკურ და გეოდინამიკურ სახეობებად [1].

გეოსტატიკური წნევა რომელიმე შრის წერტილის თავზე მდებარე ქანების სვეტის წონაა. მისი გრადიენტი გეოლოგიურ ჭრილში $0,23\text{კგ/სმ}^2$ ტოლია 1 მ სისქის ქანზე. გეოსტატიკური წნევა გადაეცემა ერთი ქანიდან მეორეს, ხოლო ქანების შიგნით – მათი შემადგენელი მარცვლებით (სკელეტით). მას ეწინააღმდეგება იმ სითხის წნევა, რომ-

ლითაც გაჟღენთილია ქანი. სკელეტის შემადგენელ მასალაში ჭეშმარიტი დამაბულობა, გარდა გეოსტატიკური წნევისა, დამოკიდებულია ქანების მარცვლების ფორმაზე, მათ შეფარდებით განლაგებაზე, ფლუიდების წნევაზე ფორებში და გეოდინამიკურ დამაბულობაზე [2,1].

გეოდინამიკური წნევა გამოწვეულია ტექტონიკური დეფორმაციებით – დანაოჭებით, ქანების დაწყვეტა-გადაადგილებით, მაგმური სხეულების შემოჭრით მიწის ქერქში, რეგიონალური მეტამორფიზმით და ა.შ. [1].

ჰიდროსტატიკური წნევა წყლის სვეტის წონაა (წნევა) პირობით ზედაპირზე; იზომება წყლის სვეტის სიმაღლით მ-ში ან ატმ-ში. ჰიდროსტატიკური წნევის სიდიდე შეიძლება გამოითვალოს ნებისმიერი ფენისთვის, როგორც მიწისქვეშა ფლუიდის სვეტის წონა გაზომვის წერტილიდან გრუნტის წყლების სარკემდე [3, 1].

ჰიდროდინამიკური წნევა წყლის მოძრავი ნაკადების მიერ შექმნილი წნევაა ქანის ნაწილაკებზე; რიცხობრივად დაწნევის გრადიენტის ტოლია [3].

ფენის წნევა სითხის ან გაზის წნევაა ბუნებრივ პირობებში არსებულ ნავთობიან, გაზიან ან წყლოვან შრე-კოლექტორებში. იგი განსაზღვრავს ფენის ბუნებრივი ენერჯის სიდიდეს [2,3].

ნორმალური ჰიდროსტატიკური წნევა ფენის წნევაა, რომელიც გაწონასწორებულია ჭაბურღილის პირიდან გახსნილ ფენამდე ავსებული მინერალიზებული წყლის სვეტის წონით ($\gamma = 1,05 - 1,10 \text{ გ/სმ}^3$). დამოკიდებულია აგრეთვე პიეზომეტრიულ დაწნევაზე, გრუნტის წყლის დონეზე, ფენის წყლების განაწილებაზე [2].

ფორების წნევა სითხის ან გაზის მიერ შექმნილი წნევაა ქანი - არაკოლექტორების და ქანი - გადამხურავების ფორებში [3].

პირობითი ჰიდროსტატიკური წნევა მტკნარი წყლის ($\gamma = 1,00$ გ/სმ³) სვეტის წონაა ფენის ზედაპირიდან მიწის პირამდე [1].

ანომალური ფენის წნევა ნავთობის ან გაზის ბუდობის რომელიმე წერტილში ან წყლოვან შრეში არსებული ფენის წნევის სიდიდეა, რომელიც არსებითად გადახრილია ერთ ან მეორე მხარეს პირობითი ჰიდროსტატიკური წნევის მნიშვნელობიდან გაზომვის წერტილში [3].

ანომალურად მაღალი ფენის წნევა (ამფწ) შრე-კოლექტორის ისეთი მახასიათებელი, რომელიც გაწონასწორებულია $\gamma = 1,30$ გ/სმ³ სიმკვრივის მქონე სარეცხი სითხის სვეტის წონით. შესაბამისად, მისი ქვედა საზღვარი 30%-ით მეტია პირობით ჰიდროსტატიკურ წნევაზე და 20–25%-ით – ნორმალურ ჰიდროსტატიკურ წნევაზე, ჭარბი წნევის შესწორების გათვალისწინებით [3].

ჭარბი წნევა ფენის წნევის სიჭარბეა შრის წყლოვან წნევასთან მიმართებაში ნავთობის და გაზის ბუდობის მოცემულ ნიშნულზე [3].

ანომალურად დაბალი ფენის წნევა ნავთობის და გაზის ბუდობის მოცემული წერტილის ფენის წნევაა, როდესაც იგი ჭარბი წნევის სიდიდეზე შესწორების გათვალისწინებით ნაკლებია პირობით ჰიდროსტატიკურ წნევაზე [3].

ანომალურობის კოეფიციენტი ანომალურად მაღალი ფენის (ფორების) წნევის მნიშვნელობის შეფარდებაა იმავე სიღრმეში გამოთვლილი ნორმა-

ლური ჰიდროსტატიკური წნევის სიდიდესთან:

$$K_{ან} = \frac{P_{ან}}{P_{ნორმ}} [2].$$

ელიზიური წყალი მიწისქვეშა წყალია, რომელიც ქანის გამკვრივების შედეგად გამოიწურება კოლექტორში, ნაწილობრივ კი წარმოიშობა თვით კოლექტორის გამკვრივებით. ელიზიური სისტემების დიდი ნაწილი განიხილება, როგორც გეოსტატიკური წყალწნევითი სისტემები, დანარჩენი კი განპირობებულია ტექტონიკური დაძაბულობით. ამ უკანასკნელს გეოდინამიკურ ელიზიურ წყალწნევით სისტემებს უწოდებენ [2].

ძირითადი ნაწილი

ანომალურად მაღალი ფენის წნევების წარმოშობის ძირითადი მიზეზები და პროგნოზირების მეთოდები. აღნიშნული საკითხების შესწავლას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან, რაც მეტ-ნაკლები ინტენსივობით გრძელდება დღემდე. ქვემოთ გთავაზობთ ამ კვლევების ისტორიის მოკლე მიმოხილვას ჩვენთვის ხელმისაწვდომი ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით.

მრავალი მკვლევარი ანომალურად მაღალი ფენის წნევების (ამფწ) წარმოშობას უკავშირებს ქანების გრავიტაციულ გამკვრივებას. მაგ., ჯ. დიკინსონს [4] მიაჩნია, რომ ანომალურად მაღალი ფენის წნევები წარმოიშობა მძლავრ თიხურ შრეებს შორის არსებულ ფოროვან ქანებში თიხების გამკვრივების გამო, რაც, თავის მხრივ, განპირობებულია გეოსტატიკური წნევებით. გ. ბაბალიანის მოსაზრებით [5], ამფწ-ის წარმოშობის მიზეზი არის ნავთობის და გაზის ბუდობის ეკრანიზება ტექტონიკური რღვევებით და თი-

ხოვანი ქანების დასტებით, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევენ სითხის გამოდინებას. ამის გამო, ზემოთ განლაგებული ქანების დაწოლა (გეოსტატიკური დაწვევა) ძირითადად გადაეცემა ფენებში არსებულ სითხეს. ა. დურმიშიანი [6,7] აღნიშნავს, რომ თიხოვანი წარმონაქმნების ინტენსიური სედიმენტაციის და ხანგრძლივად დაძირვის პირობებში ნახევრად გამკვრივებული ქანებიდან სითხის გამოწურვა რთულდება, ვინაიდან ფორებიდან წყლების გამოდენის პროცესი მნიშვნელოვნად ჩამორჩება სედიმენტაციური აუზის ფსკერის დაძირვის ტემპს, რაც, საბოლოო ანგარიშით, განაპირობებს ფოროვანი სითხის შეკუმშვას ანომალურ წნევამდე. მ. ჰაბერტის და ვ. რუბის მიხედვით [8], ამფწ შესაძლებელია გამოწვეული იყოს წყალგაჯერებული ნალექების, განსაკუთრებით თიხების მექანიკური შეკუმშვით. ინტენსიური ნალექდაგროვების აუზის განვითარების ადრეულ სტადიაზე გადამხურავი ნალექების გაზრდილი წონა აიძულებს ქვემოთ მდებარე უწყვილეს მარცვლებს, განსაკუთრებით თიხის ნაწილაკებს, შემჭიდროვდეს და გამკვრივდეს, რის შედეგადაც დაძაბულობა გადაეცემა მათ შორის მოქცეულ ფლუიდებს, რომელთა დიდი ნაწილი გამოიწურება ნალექებიდან. ცნობილი მენავთობე-გეოლოგი ა. ლევორსენი [9] ანომალურად მაღალი ფენის წნევის წარმოშობას ძირითადად უკავშირებს გეოსტატიკური წნევის ზემოქმედებას ფენაზე. ასეთ პირობებში რბილი დანალექი ქანები იკუმშება მცირე მოცულობამდე, ძირითადად ფოროვანი სიცარიელების შემცირების ხარჯზე, რაც მაღლა სწევს ფენის წნევას. ციტირებული ავტორის მოსაზრებით, თიხის ფენები გეოლოგიურ ჭრილში ასრულებს ნახევრად

გამტარი მემბრანის როლს, რაც განაპირობებს ოსმოსური და ელექტროოსმოსური წნევების წამოშობას. ოსმოსური პროცესი ფენის წნევის გაზრდის დამატებითი წყაროა იმ ჰორიზონტებში, სადაც ეს წყალი შედის.

მკვლევართა ერთი ნაწილი ამფწ-ის წარმოშობაში ტექტონიკურ პროცესებს ანიჭებს უპირატესობას. მაგ., ნ. შერსტნევეს და ს. სალაევს მიაჩნიათ [10], რომ ფენის წნევის გაზრდილი მაჩვენებლები ძირითადად უკავშირდება ტექტონიკური რღვევის ზონებს. მაღალი ფენის წნევის წარმოშობაში განსაზღვრულ როლს ასრულებს ქანების შეკუმშვა, განსაკუთრებით ნაოჭა მოძრაობის პირობებში. ი. კისინის მიხედვით [11], ტექტონიკური დაძაბულობის ზონებში ქანები იკუმშება, რაც, უპირველეს ყოვლისა, თიხებზე აისახება. ჩრდილო-აღმოსავლეთ კავკასიაში, თერგ-სუნჟის ზონაში, მაიკოპის თიხების ფოროვანი სივრცეები გაჯერებულია წყლით და თავის თავზე ღებულობს გარეგანი დატვირთვის ერთ ნაწილს. ამასთან ერთად, ფორების წყლები იწურება გამტარ სისტემებში. იქ, სადაც ტექტონიკური მოძრაობა არააქტიურია, თიხების გამკვრივება დასრულებულია და წნევაც სტაბილიზებული. ვ. სიმხავეი და პ. შუვალოვი [12] აღნიშნავენ, რომ ფენის და ჰიდროსტატიკური წნევების მაღალი მნიშვნელობები სამხრეთ-დასავლეთ თურქმენეთში ყველაზე ხშირად რღვევის ზონებთან არის დაკავშირებული, ტექტონიკური მოძრაობები წარმოშობს ახალ და აცოცხლებს ძველ რღვევებს, რომლებიც ფლუიდების ვერტიკალური მიგრაციის როლს ასრულებენ.

ამფწ-ის ზონების წარმოშობას ზოგი მკვლევარი, ძირითადად, ქანების ნივთიერი შედგენილობით

ხსნის. ასე, მაგალითად, ბ. ჰანშოუს და ჯ. ბრედჰოუს [13] მიაჩნიათ, რომ ამფწ-ს წარმოშობა შესაძლებელია მონტმორილონიტის ილიტში გადასვლისას. ფ. კირევი და ვ. კუზმინი [14] აღნიშნავენ, რომ პოტენციურად ისეთ კარგ კოლექტორში, როგორცაა კვარცის ქვიშაქვა, მონტმორილონიტის უმნიშვნელო შემცველობაც კი (2%-მდე) შეღწევადობას ამცირებს ორჯერ, ხოლო 5%-ის შემთხვევაში – 30-ჯერ. მონტმორილონიტის ჰიდროქარსში გადასვლას (ილიტიზაცია) თან ახლავს შრეთაშორისი და აკური წყლების მნიშვნელოვანი ოდენობით გამოყოფა. გამოთავისუფლებული წყლების წნევა იწვევს არა მარტო თიხების ფორიანობის შეფარდებით გაზრდას და გაფხვიერებას, არამედ ქანების ჰიდროგახლეჩას და ანომალურად მაღალი ფენის წნევის ზონების წარმოშობას.

ვ. დობრინინი და ვ. სერებრიაკოვი [15] აღნიშნავენ, რომ ანომალური ფენის წნევების წარმოშობის ბუნება ძალზე მრავალფეროვანია, რასაც განსხვავებული გეოლოგიური პირობები განსაზღვრავს. ამფწ ყველაზე ხშირად გავრცელებულია ისეთ რაიონებში, რომლებიც ტექტონიკური აქტივობით გამოირჩევა. ზოგან (ჩრდილო კავკასია, კარპატებისპირეთი, თურქმენეთი, აზერბაიჯანი) იგი, როგორც ჩანს, უკავშირდება ქანების მძლავრ დასტებს, რომელთა გამკვრივება და მათგან ფორების წყლების გამოდევნა დაიწყო შედარებით გვიან, ხოლო გამკვრივებით წარმოქმნილი ფენის ენერგია ჯერ კიდევ მნიშვნელოვნად აჭარბებს პირობით ჰიდროსტატიკურ წნევას. ასეთ რაიონებში ამფწ-ის წარმოშობა დაკავშირებული უნდა იყოს დალექვის დიდ სიჩქარეებთან უახლოეს გეოლოგიურ წარსულში. ანომალურად

მაღალი ფენის წნევის მქონე თიხები გაცილებით გამკვრივებულია იმ ქანებთან შედარებით, რომლებიც ნორმალური ფორების წნევებით ხასიათდებიან. ეს გარემოება აიხსნება ფოროვანი სითხის გაზრდილი წნევის გავლენით, რაც ეწინააღმდეგება ქანების გამკვრივებას.

ამფწ-ის ძირითადი მახასიათებელია ანომალური კოეფიციენტი ($K_{\text{აფ}}$), რომელიც განსაზღვრავს ფენის წნევის დამოკიდებულებას პირობით ჰიდროსტატიკურ წნევასთან მოცემულ სიღრმეზე. ფენის ნაშრომში [15] გაანალიზებულია ანომალური ფენის წნევის მნიშვნელობები მსოფლიოს მსხვილ ნავთობგაზიან აუზებსა და პროვინციებში. მრავალი მკვლევარი (მ. დვალი, ვ. ანიკიევი, ა. დურმიშიანი, ს. სიმაკოვი, ს. ნერეჩევი და სხვა) აღნიშნავენ ამფწ-ის კავშირს ნავთობის და გაზის მსხვილ საბადოებთან. კერძოდ, ანომალური მაღალი ფენის წნევებით ხასიათდება მსოფლიოს 35 გიგანტური და მცირე ნავთობიანი საბადო, რომელთა ნავთობგაზშემცველობის სტრატეგრაფიული დიაპაზონი ცვალებადობს კამბრიულიდან ნეოგენის ჩათვლით, პროდუქტიული ჰორიზონტების განლაგების სიღრმე კი მერყეობს 360–655 მ-დან 4542–5272 მ-მდე; $K_{\text{აფ}} = 1,30 - 2,30$ და მეტიც არის. მსოფლიოში ბურღვით კარგად შესწავლილი ამფწ-ის ზონების სიმძლავრე 2,0 კმ-დან 3,3 კმ-მდეა და განლაგებულია სხვადასხვა სტრატეგრაფიულ და ჰიფსომეტრიულ დონეზე, თვით ფუნდამენტის ქანების ჩათვლით, 1,5 კმ-დან 5,8 კმ-მდე. ასეთ რაიონებში $K_{\text{აფ}}$ -ის მაქსიმალური მნიშვნელობა (2,1–2,30 და უფრო მეტიც) დადასტურებულია დანალექი საფარის შუა ნაწილში, საშუალოდ 3–5 კმ-ის დიაპაზონში. ამის

ქვემოთ K_{α} -ის მნიშვნელობა მცირდება და უახლოვდება ნორმალურს. ამფწ-ის მქონე უმეტესი აუზისთვის დამახასიათებელია ნეოტექტონიკური აქტივობა ნეოგენ-მეოტხეულის დროს.

გეოლოგიურ ჭრილში ამფწ-ის ზონების პროგნოზირების და გამოყოფის მრავალი მეთოდი არსებობს, რომლებსაც საფუძვლად უძევს გეოლოგიური, საველე და სარეწაო-გეოფიზიკური, აგრეთვე პეტროფიზიკური გამოკვლევებისა და ბურღვის მონაცემების ანალიზი. ამასთან დაკავშირებით, დ. პრიჩარდი და სხვები [16] აღნიშნავენ, რომ გართულებების აღკვეთა ბურღვის პროცესში მიმართულია ჭაბურღილის ლულის მდგრადობის შენარჩუნების და ისეთი პრობლემების მოგვარებისკენ, როგორცაა კოლონის ჩაჭერა, სარეცხი სითხის შთანთქმა და ცირკულაციის ეკვივალენტური სიმკვრივის რეგულირება. ეს მოვლენები, როგორც მინიმუმი, იწვევს არამწარმოებლური დროის დანახარჯების ზრდას, ხოლო უარეს შემთხვევაში – ლულის კატასტროფულ ნგრევას და კონტროლის დაკარგვას ჭაბურღილზე. სარეცხ სითხეს, ჩვეულებრივ, ამძიმებენ იმასთან დაკავშირებით, რომ დიდ სიღრმეებზე მოსალოდნელია მაღალი წნევები; მაგრამ ასეთი პრაქტიკა ფაქტობრივად ნიღბავს ბურღვის პირობებს და უარყოფითად მოქმედებს მის მაჩვენებლებზე, სარეცხი სითხის სვეტის დატვირთვის გაზრდის ხარჯზე. ეფექტური პროგნოზული საშუალება არის წნევის კონტროლი ბურღვის პროცესში, d - ექსპონენტის და სეისმური მონაცემების ანალიზთან ერთად.

ვ. ბორელისა და რ. ლუისის [17] მონაცემებით, ამფწ-ის მქონე ბუდობთან მიახლოებისას იზრდება ბურღვის მექანიკური სიჩქარე, არამდგრადი ხდება

თიხოვანი ქანები ჭაბურღილის ლულაში, მატულობს სარეცხი სითხის დონე რეზერვუარებში, ქლორიდების შემცველობა მათ ფილტრატსა და მონტმორილონიტურ თიხებში, შეინიშნება შლამის ნაწილაკების და კერნის დაბალი სიმკვრივე და ელექტროგამტარობის გაზრდა, მწელდება სატეხის შემობრუნება სანგრევეზე, რაც, საბოლოო ანგარიშით, იწვევს ბრუნვის მომენტისა და დატვირთვის მატებას კავზე და საბურღი ინსტუმენტის მოძრაობის უნარის დაკარგვას. ჯ. კენედის [18] და ჯ. ფორგოტსონის მიხედვით [19], ამფწ-ის მქონე ბუდობთან მიახლოებისას, ბურღვის მექანიკური სიჩქარე 2–4-ჯერ იზრდება. ამ ინტერვალების გახსნისას სარეცხი სითხის სვეტის წონა ფორების წნევაზე დაბალი აღმოჩნდება. ასეთ პირობებში ჭაბურღილის ლულის კედლებიდან თიხის ნატეხების ახლეჩა პროგრესირდება და ბურღვის სიჩქარე მატულობს. ამ შემთხვევაში ბურღვის სიჩქარის გაზრდა გამოწვეულია ფორების სითხის ანომალურად მაღალი წნევით.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ანომალურად მაღალი ფენის წნევების მქონე თიხები შედარებით ნაკლებად არის გამკვრივებული, ვინაიდან მათ ფორებში არსებული ფლუიდები ხელს უშლის ამ პროცესის მიმდინარეობას. ფორიანობის და სიმკვრივის ცვლილების შესაბამისად იცვლება თიხოვანი ქანების სხვა თვისებებიც, მაგ., კუთრი ელექტროწინალობა, პლასტიკურობა და სხვა. კერძოდ, თიხოვანი ქანების კუთრი ელექტროწინალობა მცირდება ფორის წნევების გაზრდის შემთხვევაში. ამ მიმართულებით ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები მოწმობს, რომ აღნიშნული ქანების კუთრი ელექტროწინალობა გაცილებით მგრძნობიარეა ფორების წნევის ცვლი-

ლების მიმართ, ვიდრე ფორიანობის კოეფიციენტი. აზოგ-ყუბანის ნავთობგაზიანი ოლქის ჭაბურღი-ლებში ფორის წნევის გაზრდის შედეგად თიხების კუთრი ელექტროწინალობა 70–80% მცირდება [2]. აღნიშნული გარემოება შეიძლება გამოვიყენოთ შებ-რულებული ამოცანის გადასაწყვეტად – კუთრი ელექტროწინალობის მკვეთრი შემცირების საფუძ-ველზე ანომალურად მაღალი ფენის (ფორების) წნევების და, ცალკეულ შემთხვევებში, ტექტონი-კური რღვევის ზონების დასადგენად [20].

ვ. გორგოცი [21], ბურღვის პროცესში ამფწ-ის პროგნოზირების თვალსაზრისით, უპირატესობას ანიჭებს საველე და სარეწაო-გეოფიზიკურ მეთოდებს. იგი ჭაბურღილების გეოლოგიური ჭრილებში გამოყოფს გარდამავალ ზონებს ნორმალური ფორის წნევის ინტერვალებიდან ანომალურად მაღალი წნე-ვის მქონე ინტერვალებამდე. ერთსა და იმავე დასტის ბურღვის მონაცემების შესწავლის შედეგად გამო-ირკვა, რომ ზოგიერთი ჭაბურღილის ჭრილში წნევის გაზრდილი მაჩვენებლებით ხასიათდება ამფწ-ის მქონე ფენების ზემოთ განლაგებული ქანებიც. კერ-ძოდ, ამ ჰორიზონტებს შორის $K_{\text{ახ}}$ -ის მნიშვნელობები ცვალებადობდა 1,0-დან 1,45-მდე, ხოლო ჰიფსო-მეტრიული განსხვავება 40მ-დან 60მ-მდე მერყეობდა. ამ ზონების გამოსარკვევად გამოყენებულ იქნა დრო-ითი სეისმური პროფილები, რომლებიც „მიბმული“ იყვნენ აკუსტიკური კაროტაჟის მონაცემებთან.

ბურღვის პროცესში ამფწ-ის ინტერვალების გან-საზღვრის მიზნით იყენებენ d -ექსპონენტის მე-თოდს. d -ექსპონენტის ცნება შემოტანილია ჯ. ჯორდენის და ო. შინლის მიერ ბურღვის პროცესის პარამეტრების სავარაუდო ცვლილების გავლენის შესამცირებლად ბურღვის სიჩქარეზე [22]. ამ

მახასიათებლის გამოთვლის გამარტივების მიზნით ავტორებმა გამოიყენეს ნომოგრამა. გამოირკვა, რომ ანომალურად მაღალი ფორების წნევის მქონე სით-ხის შემცველი ქანები ხასიათდება d -ექსპონენტის მნიშვნელობის შემცირებით. ამ სიდიდის ცვალება-დობის ინტენსივობა სიღრმის მატებასთან დაკავში-რებით დამოკიდებულია სატეხის დამუშავების ხარისხსა და ქანების ბურღვადობაზე.

ამფწ-ის ზონების გახსნის მაჩვენებლად გამოდ-გება შლამის რაოდენობის გაზრდა ვიბროსაცერზე. ასეთი ინტერვალების ბურღვისას, წნევათა სხვადა-სხვაობის გამო, ჭაბურღილის კედლებიდან იხლი-ჩება თიხოვანი ქანების ნატეხები. ეს პროცესი ძლი-ერდება იმ შემთხვევაში, თუ ფორების წყალში გახს-ნილია გაზი და ერევა სარეცხ სითხეს.

თუ ბურღვის პროცესში გადავდივართ ნორმა-ლური წნევის მქონე თიხებიდან ანომალურად მაღა-ლი ფენის წნევის მქონე გაუმკვრივებელ თიხებში, შეინიშნება გეოთერმული გრადიენტის გაზრდა. ჯ. ვილსონისა და რ. ბუხის მიხედვით [23], ამ მახასია-თებლის მნიშვნელობამ შესაძლებელია ორჯერ გად-ააჭარბოს ნორმალური სიმკვრივის მქონე თიხოვანი ქანების ანალოგიურ მაჩვენებელს. ვ. დობრინინის და ვ. სერებრიაკოვის მონაცემებით [2], ასეთ შემთხ-ვევაში გეოთერმული გრადიენტი საშუალოდ იზრ-დება მხოლოდ 20%-ით, რაც ახლოს არის ჩვენს მონა-ცემებთან.

ამფწ-ის ზონების პროგნოზირების მიზნით ბურ-ღვის პროცესში ვიყენებთ ჩვენ მიერ შემუშავებულ „გეოლოგიური მიკროსტრუქტურების და ფორმების კვლევის მეთოდს“, რომელიც ემყარება სერიული შლამების მიკროსკოპულ შესწავლას, აგრეთვე სა-რეწაო-გეოფიზიკური და ბურღვის მონაცემების

კომპლექსურ ანალიზს [20]. ეს მეთოდი, სხვა მნიშვნელოვანი საკითხების მოგვარებასთან ერთად, საშუალებას იძლევა ოპერატიულად დადგინდეს მძლავრი თიხოვანი ქანების გავრცელების სიღრმეები, ტექტონიკური რღვევის ზონები და ანომალურად მაღალი ფენის წნევის სავარაუდო ინტერვალები გეოლოგიურ ჭრილში.

ნინოწმინდა-მანავის ფართობის გეოლოგიური აგებულების მიმოხილვა. აღნიშნული ტერიტორია, რომლის ერთსახელა დამარხულ ანტიკლინებთან ნავთობგაზიანი საბადოებია დაკავშირებული, ადმინისტრაციულად საგარეჯოს მუნიციპალიტეტს ეკუთვნის, ტექტონიკურად კი სამი მსხვილი მორფოსტრუქტურის – საქართველოს ბელტის (მთათაშუა არე), კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის ნაოჭა სისტემის და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის შესაყარზე მდებარეობს. ამ გარემოებამ მნიშვნელოვნად განსაზღვრა მისი გეოლოგიური აგებულების სირთულე, რამაც, ძირითადად, მძლავრი ჰეტეროგენული დანალექი საფარის ფორმირებაში, ინტენსიურ დიასტროფიზმსა და ორსართულიან სტრუქტურულ აგებულებაში პოვა ასახვა. აქ არ შევუდგებით ამ საკითხის დაწვრილებით განხილვას, ვინაიდან იგი მეტ-ნაკლებად გაშუქებულია მრავალი მკვლევრის, მათ შორის ჩვენი პუბლიკაციებშიც [23-25]. ქვემოთ მხოლოდ მოკლედ შევხებით გეოლოგიური აგებულების იმ თავისებურებებს, რომლებსაც, ჩვენი მოსაზრებით, პირდაპირი კავშირი აქვთ მოცემული ნაშრომის სათაურში დასმულ პრობლემასთან.

გეოლოგიური, გეოფიზიკური და ბურღვის მონაცემებით, ნინოწმინდა-მანავის დანალექი საფარი (> 6,5 – 7კმ) ძლიერ დანაოჭებული და სხვადასხვა ხასიათის, მასშტაბის, ვერგენტობის და ასაკის რღვე-

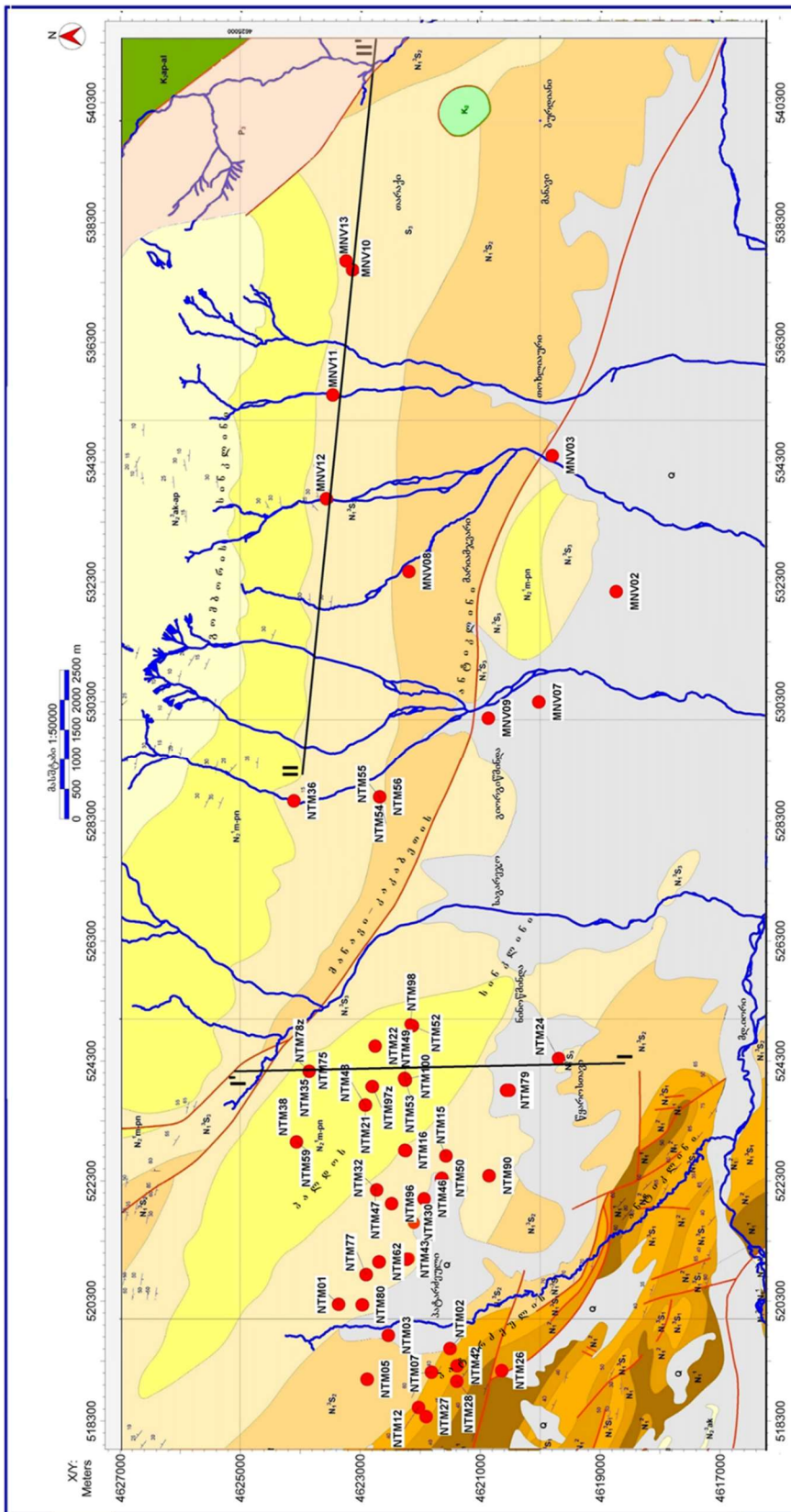
ვებით ტექტონიკურ ფირფიტებად არის დაყოფილი. კერძოდ, ნინოწმინდის გეოლოგიურ ჭრილში ორი, ხოლო მანავში სამი მსხვილი ჩრდილოეთური ვერგენტობის ტექტონიკური რღვევის (შეცოცების) ზონა ფიქსირდება. ჰიფსომეტრიულად და სტრატეგრაფიულად ზემოდან ქვემოთ პირველი განვითარებულია, ძირითადად, შუასარმატულ-მაიკოპურ, მეორე – მაიკოპურ-ზედაეოცენურ (მანავში, ზოგან, შუაეოცენურსაც ეხება), ხოლო მესამე – ქვედაეოცენურ-პალეოცენურ ნალექებში, შესაძლებელია ზედა ცარცის ზედა ნაწილსაც ჰკვეთდეს (დაფიქსირებულია მხოლოდ მანავში). მათი სიბრტყეები ზედაპირთან მიახლოებისას კონებად იშლება და ზოგჯერ სუბვერტიკალურ პოზიციას ღებულობს. აღნიშნული ტერიტორიის გეოლოგიურ ჭრილში ორი სტრუქტურული სართული – ალოქთონი და ავტოქთონი (პარავტოქთონი) გამოიყოფა, რომლებიც ერთმანეთისგან, ძირითადად, ზემოდან პირველი ტექტონიკური რღვევით არის გაყოფილი. ამ რღვევებს მრავალი განშტოება აქვს, რომელთა მეშვეობით ალოქთონი (ნაწილობრივ პარავტოქთონიც) ერთმანეთზე შესხლეტილ-შეცოცებულ ბლოკებად (ტექტონიკურ ქერცლად) არის დაყოფილი. ძირითადად ზედაამიოცენური, ნაწილობრივ კი პლიოცენური და მაიკოპური ნალექებით აგებული ალოქთონი მოწყვეტილი და I რეგიონალური რღვევის სიბრტყის გასწვრივ რამდენიმე კილომეტრზეა გადაადგილებული სამხრეთ-დასავლეთისაკენ. ამ მიმართულებით იგი მიბჯენილი, დაწვრილნაოჭებული, ქერცლებად დაყოფილი და შესხლეტილია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ნაგებობის აღმოსავლურ სეგმენტზე. მეორე ტექტონიკური ფირფიტა, მეტწილად, ძლიერ დისლოცირებული მაიკოპური თიხოვანი ქანებით

არის აგებული და „მორგებულია“ ზედაცარცულ-ზედაეოცენური, ნაწილობრივ ოლიგოცენური ნალექებით აგებულ ნინოწმინდის და მანავის ანტიკლინებზე (პარავტოქთონზე) (სურ. 1–3).

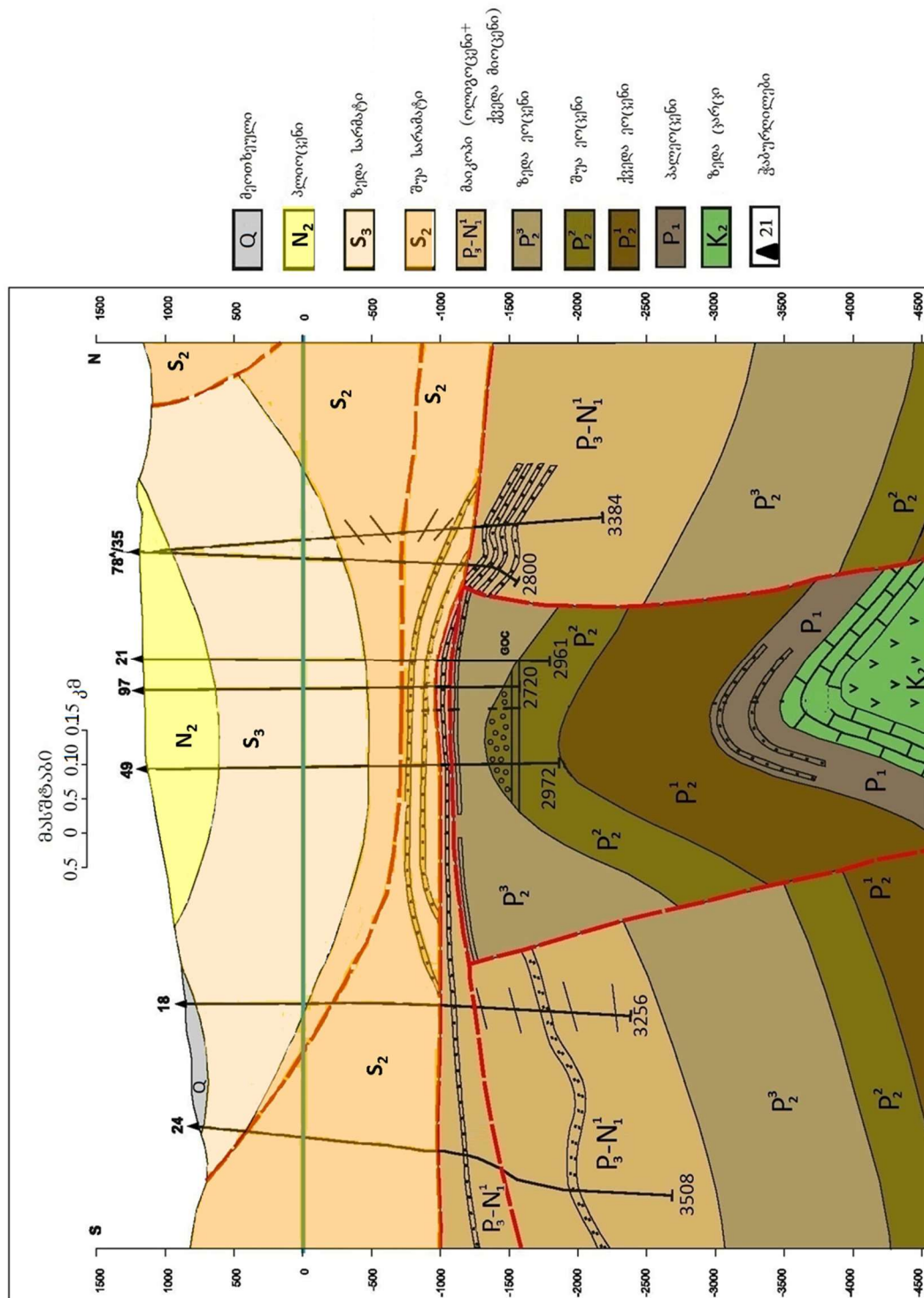
ალოქთონში განვითარებულია საერთო კავკასიონური მიმართების ზეწრული ტიპის ნაოჭები (ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთისკენ): გომბორის სინკლინი, მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინი, პალდოს სინკლინი და პატარმეულის ანტიკლინი. ამასთან, ანტიკლინების თაღები ძლიერ გართულებულია შესხლეტა-შეცოცების ხასიათის რღვევებით. ნინოწმინდის და მანავის „ავტოქთონურ“ ნაოჭებს სუბგანედური მიმართება და ასიმეტრიული აგებულება აქვს – მათი ღერძები ჩრდილოეთით არის დაქანებული.

როგორც ჩანს, აღნიშნულ ტერიტორიაზე, გვიანცარცულიდან დაწყებული გვიანი მიოცენით დამთავრებული, შედარებით სუსტი ტექტონიკური მოძრაობების ფონზე, მეტწილად მიმდინარეობდა სედიმენტაციური აუზის ფსკერის კომპენსაციური დაძირვა და ტერიგენული, ვულკანოგენურ-დანალექი და კარბონატული მძლავრი წარმონაქმნების დაგროვება. გვიანდელი გეოლოგიური მოვლენების, კერძოდ ტექტონიკური რღვევითი დისლოკაციების შედეგად გეოლოგიური ჭრილიდან „ამოვარდა“ მრავალი სტრატონი ან ძლიერ შემცირდა მათი თავდაპირველი სიმძლავრეები (ძირითადად პალეოცენურ-შუასარმატულ სტრატოგრაფიულ დიაპაზონში).

რაიონში გავრცელებულ ნალექებს შორის ყველაზე ახალგაზრდა – მეოტურ-პონტური, ძირითადად, კონგლომერატებით არის აგებული (მაქსიმალური სიმძლავრე, 500 – 900 მ). ზედა სარმატის ზედა ნაწილი (დაახლ. 300–800მ) ასევე კონგლომერატებით არის წარმოდგენილი, ქვედა (800-1200მ), ძირითადად, რბილი თიხებით (ჭრილის მოცულობის 55–60%), ნაწილობრივ, ქვიშაქვებით, კონგლომერატებით და ალევროლითებით. შუა სარმატი (300–3100მ) აგებულია, მეტწილად, პლასტიკური თიხებით (65–70%), ასევე ქვიშაქვებით, მერგელებით და ალევროლითებით. მაკოპის სიმძლავრე მერყეობს საშუალოდ 50–130 მ-დან 1400–1700მ-მდე. მასში თიხოვანი კომპონენტის წილად მოდის დაახლოებით 70–80%, რომელიც, ძირითადად, პლასტიკური სახესხვაობებით არის წარმოდგენილი. ზედა ეოცენის ჭრილშიც (0–145 მ-დან 700–1124მ-მდე), მეტწილად, თიხოვანი ქანები ჭარბობს (65–70%), რომელთა ერთი ნაწილი პლასტიკური თვისებების მქონეა. შუა ეოცენი მტკიცე ქანებით, ტუფებით, ტუფოქვიშაქვებით, ტუფოარგილიტებით არის აგებული (400–560მ). ქვედა ეოცენის ჭრილში (0–60მ-დან 500–750 მ-მდე) ჭარბობს ალევროლითები (35–37%), არგილიტები (26–28%) და პლასტიკური თიხები (23–25%). პალეოცენი (20–50მ-დან 230–250მ-მდე) ძირითადად არგილიტებით (დაახლ. 40%), ქვიშაქვებით (25%) და თიხებით (17%) არის წარმოდგენილი. ზედა ცარცი გახსნილია ჭაბურღილებით მხოლოდ მანავში; არასრული მაქსიმალური სიმძლავრე 308მ-ია. ჭრილის ზედა ნაწილი აგებულია, ძირითადად, კირქვებით და მერგელებით, ხოლო ქვედა – ტუფებით.



სურ. 1. ნანოქმინდა-მანავის გეოლოგიური რუკა
 (შედგენილია დ. კაპავას, ი. სეფაშვილის, ი. ლუდუშაურის და ს. ცხოვერბაძის მონაცემების მიხედვით)



სურ. 2. ნანოქმნა, გეოლოგიური პროფილი I-I'

ამრიგად, ნინოწმინდა-მანავის გეოლოგიურ ჭრილში ჭარბობს პლასტიკური თიხოვანი ქანები და, რაც უაღრესად მნიშვნელოვანია, მათში მონტმორილონიტური სახეობები ფართოდ არის გავრცელებული, განსაკუთრებით შუა სარმატსა და მაიკოპში, შედარებით ნაკლებად ზედა ეოცენში. მათი შემცველობა ქვედა ჰორიზონტებში 3–4-ჯერ კლებულობს, რაც, ძირითადად, გეოსტატიკური დაწნევით და ქანების გამკვრივებით არის განპირობებული. პელიტურ-ალევირითული ქანების ამ ძირითად ლაბილურ მასაში ჩართულია (ჭრილის შუა და ქვედა ნაწილებში) შუა ეოცენის და ზედა ცარცის მტკიცე ქანებით აგებული ვულკანოგენურ-დანალექი და კარბონატული წყებები, რომლებიც ქმნიან ნინოწმინდის და მანავის დამარხული ანტიკლინური სტრუქტურების მყარ ჩონჩხს (კარკასს) და, ამასთანავე, დიდ როლს ასრულებენ ანომალური ფენის წნევების ზონების განაწილებაში. ამ მხრივ უაღრესად მნიშვნელოვანია აგრეთვე მონაცემები ძირითადი ლითოსტრატოგრაფიული ერთეულების დაძირვის (სიღრმეში განლაგების) ინტერვალების შესახებ (მიწის ზედაპირიდან სტრატონის საგებამდე): ზედა სარმატი ნინოწმინდის ჭაბურღილების ჭრილებში გავრცელებულია 150–1880მ დიაპაზონში, მანავში - 620–1900მ სიღრმემდე; შუა სარმატი ნინოწმინდაში 325–2500მ, ხოლო მანავში – 2450–3820მ-მდეა; მაიკოპი ნინოწმინდაში 1650–2860მ, მანავში 2933–3980მ-მდეა დაძირული; ზედა ეოცენის საგების განლაგების ინტერვალები ნინოწმინდაში ცვალებადობს 2350–2400მ-დან 2910–3090მ-მდე, მანავში 3750მ-დან 4450მ-მდე; შუა ეოცენის, შესაბამისად, 235მ–3090მ-დან 3190–3460მ-მდე და – 3750–4450მ-დან 4210–5000მ-მდე; ქვედა ეოცენის საგები, ნინოწმინდაში – 3490მ-დან 4200მ-მდეა, მანავში – 4210მ-დან 5000მ-მდე; პალეოცენის,

შესაბამისად, 4200მ-დან 4927მ-მდე და 4260მ-დან 5223მ-მდე; ზედა ცარცის გახსნის ინტერვალები (მანავში) 4280მ-დან 5333 მ-მდე მერყეობს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ამფწ-ის ზონების ფორმირებაში უმთავრეს როლს ასრულებს ტექტონიკური ფაქტორი (ძირითადად რღვევების ხშირი ქსელი) და გეოლოგიური ჭრილის ნივთიერი შედგენილობა, კერძოდ მასში პლასტიკური თიხების, განსაკუთრებით მონტმორილონიტის შემცველი მძლავრი დასტების არსებობა. ლიტერატურული მონაცემების და ჩვენ მიერ სერიული შლამების მიკროსკოპული შესწავლის შედეგების მიხედვით, მონტმორილონიტის ჯგუფის თიხები შუა სარმატის პელიტური მასის არანაკლებ 35–40%-ს უნდა შეადგენდეს, მაიკოპის და ზედა ეოცენის ანალოგიურ წარმონაქმნებში – 25–30%-ს. აღსანიშნავია, რომ დიფრაქტომეტრიული გამოკვლევების მიხედვით, ბენტონიტების შემცველობა მანავის მოედნის გეოლოგიურ ჭრილში შეინიშნება ქვედაეოცენურ-პალეოცენურის ცალკეულ ინტერვალებშიც, დაახლ. 4460–4550 მ-ში სიღრმეში.

თიხები დედამიწის დანალექი საფარის ყველაზე გავრცელებული ქანებია (>60%-ზე). მინერალური შედგენილობის მიხედვით მათ შორის ოთხი ძირითადი ჯგუფი გამოიყოფა: 1) კაოლინური, 2) მონტმორილონიტური (ბენტონიტური), 3) ჰიდროქარსული, 4) პოლიმინერალური. ქიმიურად შედგება, ძირითადად, სილიციუმის, ალუმინისა და წყალბადის ოქსიდებისაგან და, ფაქტობრივად, კოლოიდური სისტემებია, რომელთა ნაწილაკთა ზომა <0,001 მმ-ზე (სხვა კლასიფიკაციით <0,01 ან 0,005 მმ-ზე). ამის გამო, 1 სმ³ მოცულობის თიხოვანი ქანების ნაწილაკების საერთო კუთრი ზედაპირი $6 \cdot 10^5$ სმ²-ია. შესაბამისად, თიხები ყველაზე მაღალი ფორიანობით ხასიათდება და დიდი მოცულობის ბმულ წყალს შეიცავს.

თბილისის მიმდებარე რაიონში, მათ შორის ნინო-წმინდა-მანავშიც, თიხების ოთხივე ჯგუფია გავრცელებული; ჭარბობს ჰიდროქარსები და მონტმორილონიტი. მონტმორილონიტური თიხების ზოგადი, გამარტივებული ფორმულაა $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$. მათში ალუმინის და სილიციუმის ფენები ქმნის სამშრიან კომბინაციას – პაკეტს (ალუმინის შრე მოთავსებულია სილიციუმის ორ შრეს შორის). შრეთა ზომები 9,6Å-დან 21,4Å-მდე მერყეობს. პაკეტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია H_2O -ის მოლეკულებით. გარდა ამისა, სხვადასხვა რაოდენობით არის Mg , Fe^{++} , Na , K -ის კათიონებიც. ამ გარემოებათა გამო, მონტმორილონიტის ჯგუფის მინერალებს სითხის დიდი ოდენობით შთანთქმის და მოცულობაში მომატების არაჩვეულებრივი უნარი აქვს [26].

დიდ სიღრმეებში, გეოსტატიკური და გეოდინამიკური წნევების შედეგად, პლასტიკური თიხოვანი ქანები მკვეთრად მცირდება მოცულობაში და მკვრივდება (გადადის არგილიტისებრ თიხებსა და არგილიტებში). გამოწურული წყალი, როგორც მონტმორილონიტის ჰიდროქარსებში ტრანსფორმაციის შედეგად წარმოშობილი სითხე, დიდი მოცულობით და ენერგიით ხასიათდება. მათი მიგრაციის პროცესში ზემოთ განლაგებულ ქანებში წარმოიქმნება მაღალი წნევის გარემო. ამიტომ არის, რომ ჩვენს პირობებში და მსგავს რაიონებში ღრმად განლაგებული, ძლიერ შენაკლები თიხოვანი ქანებით, განსაკუთრებით კი ბენტონიტებით აგებული წყებები და ტექტონიკური რღვევის ზონები ხშირად ხასიათდება ანომალურად მაღალი ფენის წნევებით, ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გაუარესებით, რაც იწვევს ლულის შევიწროებას, კედლების ჩამოქცევას, ფლუიდების გა-

მოვლენას, საბოლოო ანგარიშით კი კონტროლის დაკარგვას ჭაბურღილის ლულაზე და მძიმე ავარიებს.

ანომალურად მაღალი ფენის წნევების გავრცელების ზონები ნინოწმინდა-მანავის ტერიტორიის გეოლოგიურ ჭრილში. აღნიშნული მონაცემებით, შესაძლებელია, შესწავლილი რაიონის გეოლოგიური ჭრილის გარკვეული ინტერვალები ამფწ-ის ზონების გენერაციის და გავრცელების არეალად მივიჩნიოთ, რაც პრაქტიკულად ბევრჯერ დადასტურდა ღრმა ჭაბურღილების ბურღვის პროცესში. ამფწ-ის მიერ ინსპირირებული გართულებები – ფლუიდების გამოვლენა, ლულის შევიწროება, კედლების ჩამოგრევა და, როგორც შედეგი, კონტროლის დაკარგვა ჭაბურღილის კედლების მდგრადობასა და საბურღი იარაღის მოძრაობაზე, მეტწილად დაფიქსირებულია შუასარმატულ-მაიკოპურ-ზედაეოცენურ სტრატиграფიულ დიაპაზონში, სიღრმის მიხედვით კი საშუალოდ გავრცელებულია ნინოწმინდაში – 800–900 მ-დან 3300–3450 მ-მდე, ხოლო მანავში – 900–2200 მ-დან 3700–4500მ-მდე. ძირითადად ამ ტიპის გართულებების გამო იძულებული გახდნენ ნინოწმინდის მრავალ ჭაბურღილში (№№15,18,24,35,36,38,45, 54, 55, 78,80,90,97) მეორე (გვერდითი) ლულა გაეხურდათ ან, საერთოდ, ბურღვის გაგრძელება შეუძლებელი აღმოჩნდა და ჭაბურღილები ლიკვიდირებულ იქნა. კიდევ უფრო მძიმე პირობებში მიმდინარეობდა ბურღვა მანავის მოედანზე. კერძოდ, ვერ მიაღწია რა საპროექტო სიღრმემდე, №№10 და 13 ჭაბურღილების ბურღვა შეწყდა, ხოლო №№3, 11, 12 და 13 ჭაბურღილებში გვერდითი ლულები გაიხურდა. ამ მხრივ გამორჩეულია №11 ჭაბურღილი, რომელშიც 4 გვერდითი ლულა გაიჭრა (ყველა შუა სარმატსა და მაიკოპში).

ჭაბურდილების ათვისების და ექსპლუატაციის პროცესში ფენის წნევები სიღრმული მანომეტრის მეშვეობით გაიზომა ნინოწმინდის №№2,3,9,21,46,98 (შუა ეოცენი), 21,59 (ზედა ეოცენი), 78^ა (მაიკოპი) და 97-ე (შუა სარმატი) ჭაბურდილებში. შუაეოცენურ პროდუქტიულ წყებაში, 2700(-1805) – 2896მ(-1705მ) ინტერვალში, ფენის წნევის სიდიდე ცვალებადობდა 223-დან 227 ატმ-მდე, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია პირობით ჰიდროსტატიკურ წნევასთან შედარებით და, ფაქტობრივად, ანომალურად დაბალი ფენის წნევის არსებობაზე მიუთითებს. თითქმის ყველა დანარჩენ შემთხვევაში ამფწ-ის ზონები დაფიქსირდა. ზედა ეოცენში გაზომვები ჩატარებულია 2240 მ (-1088 მ) და 2683 მ (-1347 მ) სიღრმეებზე. ფენის წნევის მაჩვენებლები მერყეობდა, შესაბამისად, 371-დან 399 ატმ-მდე, რაც მნიშვნელოვნად აჭარბებს პირობითი ჰიდროსტატიკური წნევის მნიშვნელობებს. მაიკოპში (საყარაულოს ნალექებში), 2500 მ-ზე (-1380 მ-ზე) ფენის წნევის სიდიდემ 422 ატმ შეადგინა, რაც, აგრეთვე, ამფწ-ის ზონის არსებობაზე მეტყველებს. შუასარმატულ ქანებში 1860 მ (-718 მ) სიღრმეზე ჩატარებული გაზომვების შედეგად დაფიქსირდა 197 ატმ, რაც ამ კონკრეტულ გარემოში ნორმალური ჰიდროსტატიკური წნევის არსებობას გულისხმობს.

გარდა ამისა, №№96 და 98 ჭაბურდილების ბურღვის პროცესში, ვ.ყურბანოვის მიერ, *d*-ექსპონენტის მეთოდით, დადგინდა იქნა ფენის წნევის გავრცელების ზონები. აღმოჩნდა, რომ №96 ჭაბურდილის გეოლოგიურ ჭრილში 0–1820 მ ინტერვალში არის ქანების ნორმალური შემჭიდროების ზონა (ზედა-შუა სარმატი), 1820–1920მ - ე.წ. გარდამავალი ზონა (შუა სარმატის ქვედა ჰორიზონტები - მაიკოპის ზედა ნაწილი); 1920–2400 მ ინტერვალში (მაიკოპი-

ზედა ეოცენი) – ამფწ-ის ზონა, ხოლო ამ უკანასკნელი ნიშნულიდან 2500–2510 მ-მდე ინტერვალში ხასიათდება ნორმალური ფენის წნევის გრადიენტით (შუა ეოცენი).

№98 ჭაბურდილის გეოლოგიურ ჭრილის 1950 მ სიღრმეში (ზედა სარმატი - შუა სარმატის ზედა ნაწილი) გავრცელებულია ქანების ნორმალურად შემჭიდროების ზონა, 1950–2330 მ ინტერვალში (შუა სარმატის ქვედა ნაწილი) უნდა შეესაბამებოდეს გარდამავალ ზონას, 2330–2640 მ (მაიკოპი-ზედა ეოცენი) ამფწ-ის გავრცელების ინტერვალში. უფრო ღრმად ფენის წნევის სიდიდე მკვეთრად კლებულობს, რაც გეოლოგიურ ჭრილში შუა ეოცენის მტკიცე ვულკანოგენურ-დანალექი ქანების გამოჩენას უკავშირდება.

მნიშვნელოვან ინფორმაციას ფენის წნევის ზონების გავრცელების შესახებ ჭაბურდილების გეოლოგიურ ჭრილებში გვაწვდის აგრეთვე ბურღვის პროცესში გამოყენებული სარეცხი სითხის სიმკვრივეების განაწილების გრაფიკები. ეს მეთოდი გამოვიყენეთ მანავის მოედანთან დაკავშირებით ჩვენს ერთ ნაშრომში [25]; ანალოგიური გრაფიკები შევადგინეთ აგრეთვე ნინოწმინდის ფართობის ცალკეული უბნებისთვის.

გეოლოგიური, სამიეზო და სარეწაო-გეოფიზიკური გამოკვლევების, ბურღვის პროცესში ფლუიდების გამოვლენის, გართულებების ხასიათის და მასშტაბების, სარეცხი სითხის სიმკვრივეთა ცვალებადობის შესახებ არსებული მასალების, ზემოთ მოტანილი ფენის წნევების გაზომვის მონაცემების კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე ნინოწმინდის და მანავის უმეტესი ჭაბურდილის გეოლოგიურ ჭრილებში გამოვყავით ამფწ-ის ზონების გავრცელების ინტერვალები, რაც აისახა 1-ელ და მე-2 ცხრილებში. ამ ზო-

ნების ტექტონიკურ სტრუქტურებთან შესაძლო კავშირის გამოვლენის მიზნით ჭაბურღილები დავაჯგუფეთ მათი ლულების პოზიციის შესაბამისად აქ არსებული ნაოჭების მიმართ.

ნინოწმინდისა და პატარძელის დამარხული ანტიკლინების შესახებ უბანი. აქ გაბურღილი ჭაბურღილების დიდი ნაწილის (№№2,7,26,27,28,42 ჭაბ.) ლულათა სტრუქტურული პოზიცია ასეთია: ალოქოტონში განლაგებულია პატარძელის ანტიკლინის თაღში, ავტოქოტონში – პატარძელი-ნინოწმინდის დამარხული ანტიკლინების გამყოფი უნაგირის ფარგლებში. ეს უბანი ზედაპირზე აგებულია, ძირითადად, შუამიოცენური, ქვედა- და შუასარმატული ნალექებით (სურ. 1). თბილისის მიმდებარე რაიონსა და მეზობელ ტერიტორიებზე ამფწ-ით გამოჩენილი სტრატონები – შუა სარმატი, მაიკოპი და ზედა ეოცენი მცირე სიმძლავრეებით ხასიათდება. კერძოდ, ზედაპირზე გამოშვლებული შუა სარმატის სისქე 120–420 მ-ია, მაიკოპის სიმძლავრე თუმცა სოლიდურია (1014–1455 მ), მისი სახურავი ახლოსაა ზედაპირთან. ზედა ეოცენის სიმძლავრე ცვალებადობს 672 მ-დან 1156 მ-მდე. ამასთანავე, შუა სარმატის საგების ნიშნულები მიწის ზედაპირიდან სიღრმეში მერყეობს 0–578 მ-ის დიაპაზონში, მაიკოპის – 1716 მ-დან 2158 მ-მდე, ზედა ეოცენის კი 2480 მ-დან 2942 მ-მდე. გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ეს უბანი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ძლიერ შენაოჭებულია და დასახსრულია რღვევებით, ხოლო დასახელებული სტრატონები, ძირითადად, თიხებით არის აგებული. ამასთან, აღნიშნული ქანები შედარებით მცირე სიღრმეშია დამირული, მეტწილად გაუმკვრივებელია და, შესაბამისად, ბმული წყლის დიდ რაოდენობას შეიცავს.

არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ზემოთ აღნიშნული ჭაბურღილების ჭრილებში ამფწ-ის ზონა იწყება, საშუალოდ, 600–800 მ სიღრმიდან და, როგორც ჩანს, I რეგიონალური რღვევის ინტერვალს უკავშირდება (იხ. I-ლი ცხრილი). ანომალურად მაღალი ფენის წნევის ზონის ქვედა საზღვარი ვრცელდება, საშუალოდ, 2430 მ-დან 2950 მ-მდე და, ისევე როგორც შესწავლილი ტერიტორიის ერთ ნაწილში, სტრატოგრაფიულად ზედა და შუა ეოცენის სასაზღვრო ზოლში მდებარეობს. საკუთრივ ზონის სიმძლავრე 1650 მ-დან 2170 მ-მდე ცვალებადობს.

რაც შეეხება №№ 3,5 და 12 ჭაბურღილებს, ისინი, სტრუქტურული თვალსაზრისით, უკავშირდება ალოქოტონში – პატარძელის ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავლური ფრთის დასავლურ სეგმენტს, ხოლო ავტოქოტონში – ნინოწმინდის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ფრთას და შედარებით ღრმად დამირულ უბანში მდებარეობს. აქ შუა სარმატის სიმძლავრე ცვალებადობს 578 მ-დან 1205 მ-მდე, მაიკოპის – 758 მ-დან 1095 მ-მდე, ზედა ეოცენის – 500 მ-დან 1124 მ-მდე. მათი საგების განლაგების ნიშნულებია, შესაბამისად, 578–1205 მ, 1838–2224 მ და 2500–3348 მ. ეს ტერიტორია, ზემოთ აღნიშნულისგან განსხვავებით, ტექტონიკურად ნაკლებად დაძაბულია. შუა-სარმატულ-ზედაეოცენური ნალექები იბურღებოდა, საშუალოდ, 1,5–1,8 გ/სმ³ სიმკვრივის მქონე სარეცხი სითხით. ამფწ-ის ზონის სახურავის ნიშნულები აქაც I რეგიონალურ რღვევას უკავშირდება – 900–1200 მ სიღრმეში მდებარეობს, საგები კი 2730–3348 მ-მდე და უფრო ღრმადაც ეშვება; სიმძლავრე 1690–2148 მ და მეტიცაა (იხრდება, საზოგადოდ, ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულებით).

ცხრილი 1

ამგწ-ის ზონის გავრცელების ინტერვალები ნინოფინანდის ჰაბურდლების გეოლოგიურ კრიტერიუმში, მ-ში (წილადის მრიბელებში - ზონის საზღვრების, მნიშვნელობა - საცემის ნიშნულები; Σ - ამგწ-ის ზონის საერთო გასაზღვრებული სიმბლავრე)

ჰ.ბ. №№	1	2	3	4	5	7	9	12	15	16	18	21
	1680-1750 >3117 Σ=1437	750-850 2430-2480 Σ=1650	?1080 2730-2780 Σ=1690	?1830 2300-2350 Σ=550	?1200 >3348 Σ>2150	750-800 >2100 Σ>1340	1330-1360 2360-2410 Σ=1040	?7900 >2500 Σ>1600	1800-1850 >2960 Σ>1160	?1650-1700 2360-2390 ? Σ=730	?1770-1800 >3256 Σ>1500	?1700-1800 2700-2750 ? Σ=950
ჰ.ბ. №№	22	24	26	27	28	29	30	32	35	36	38	42
	1700-1750 2600-2660 Σ=900	1700-1800 >3500 Σ>1650	?700-800 2490-2550 ? Σ=1770	750-850 2900-2960 Σ=2130	600-800 2500-2570 Σ=1850	1450-1500 2500-2560 Σ=1070	? ? ?	? ? ?	1150-1250 >3384 Σ>2180	1000-1100 >3690 Σ>2650	1150-1200 >2330 Σ>1160	600-650 2780-2830 Σ>2170
ჰ.ბ. №№	43	45	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56
	? ? ?	1550-1600 >2615 Σ>1040	1650-1700? 2300-2350 Σ=660	1850-1900 2850-2920 ? Σ=980	1800-2000 >2730 Σ>800	2100-2150 2400-2470 Σ=280	1600-1650 >3260 Σ>1660	1750-1850 2870-2930 Σ=1100	1900-2000 2650-2710 Σ=730	700-750 >2450 Σ>1720	700-750 >3160 Σ>2400	650-750 3030-3090 Σ=2350
ჰ.ბ. №№	59	62	75	77	78	79	80	90	96	97	98	100
	?1600-1700 >3496 Σ>1850	?11400-1450 1255-2615 Σ=1130	1100-1200 >2475 Σ>1325	1400-1450 >2480 Σ>1050	1500-1550 >2800 Σ>1270	? ? ?	1400-1500 >2820 Σ>1340	1750-1800 >2095 Σ>400	1800-1900 2350-2415 Σ=460	1900-1980 2550-2612 Σ=600	2300-2350 2590-2650 Σ=300	1800-1900 2400-2450 Σ=530

პალდოს სინკლინის სამხრეთ-დასავლეთი ფრთა (ალოქთონი) – ნინოწმინდის ანტიკლინის დასავლეთური სეგმენტი (ავტოქთონი).

აქ რვა ჭაბურღილია გაბურღილი: №№1,9,24,29, 62,77,80,90 (იხ. სურ. 1). ტერიტორია ტექტონიკურად მშვიდია - თუ I რეგიონალურ რღვევას არ ჩავთვლით, აქ დისლოკაციები იშვიათია. ამფწ-თან დაკავშირებული გართულებები ბურღვის პროცესში ძირითადად აღინიშნა 1300–1400 მ და 1700–1800მ ინტერვალების ქვემოთ მდებარე ჰორიზონტებში. ამასთან, შუა სარმატის, მაიკოპის და ზედა ეოცენის სიმძლავრეები არც ისე დიდია, შესაბამისად მერყეობს 212–777 მ, 71–572 მ (№24-ე ჭაბურღილის გამოკლებით) და 257–898 მ-ის დიაპაზონში. შუა სარმატის საგები იძირება 940 მ-დან 1725 მ-მდე, მაიკოპის – 1648 მ-დან 3500 მ-მდე, ზედა ეოცენის – 2390 მ-დან 3117 მ-მდე. მსგავსად ზემოთ განხილული უბნისა, ამფწ-ის ზონის ზედა საზღვარი აქაც ჰიფსომეტრიულად მეტწილად თან ხვდება რეგიონალური რღვევის ნიშნულებს და მერყეობს 1350 მ-დან 1780 მ-მდე. იგი ნინოწმინდის ანტიკლინის ფარგლებში ამოწეულია 1350–1470 მ-მდე, ხოლო ფრთებზე განლაგებულია უფრო ღრმად, საშუალოდ 1600–1800 მ-მდე. ეს გარემოება შეიძლება აიხსნას იმით, რომ რეგიონალური რღვევის სიბრტყე, საზოგადოდ, იმეორებს ნინოწმინდის ანტიკლინის მოხაზულობას. შესაბამისად, ამფწ-ის ზონა, როგორც წინა შემთხვევაში, სტრატиграფიულად ძირითადად მაიკოპურ-ზედაეოცენურ წარმონაქმნებს უკავშირდება. მისი ქვედა საზღვარი ნინოწმინდის ანტიკლინის თაღში 2400–2665 მ სიღრმემდე ვრცელდება (იფარგლება, ძირითადად, შუა ეოცენის ვულკანოგენებით), ფრთებზე კი 3120–3500 მ-მდე ეშვება. ზონის სიმძლავრე ნინოწმინდის

ანტიკლინის თაღში საშუალოდ მერყეობს 750 მ-დან 1150 მ-მდე, ფრთებზე კი 1440–1720 მ აღემატება.

პალდოს სინკლინის ძირი (ალოქთონი) – ნინოწმინდის ანტიკლინის ცენტრალური ნაწილი (ავტოქთონი). ამ სეგმენტის ფართობი საკმაოდ დიდია; ამასთანავე, მასთან დაკავშირებულია შუა ეოცენის ძირითადი ნავთობგაზშემცველი მოცულობები და, შესაბამისად, აქ 20-ზე მეტი ჭაბურღილია გაბურღილი (№№4,15,16,18,21,22,32,38,45,46,47,48,49, 50,52, 53,59,96,97,98,100). ეს ტერიტორია, ტექტონიკური თვალსაზრისით, ნინოწმინდის მოედნის ფარგლებში ყველაზე მშვიდია – აქ რღვევები იშვიათია და ტექტონიკური სტრესები შედარებით სუსტი, განსაკუთრებით ალოქთონში (სურ.1). სამაგიეროდ, პლასტიკური თიხების სიმძლავრეებით გამორჩეული შუა სარმატის, აგრეთვე მაიკოპის და ზედა ეოცენის სტრატиграფიული დანაყოფები შედარებით ღრმადაა დამირული და, ზოგჯერ, სოლიდური სიმძლავრით ხასიათდება.

ტერიტორიის დანალექი საფარის ამგებელი ქანების სიმძლავრეების განაწილებაში, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტექტონიკური რღვევები. პალდოს სინკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფრთაში ზედამიოცენური ნალექები, მათ შორის შუა სარმატი, ყველაზე ღრმადაა დამირული (2130–2330 მ-მდე), არასრული სიმძლავრე კი 730–1040 მ-მდე ცვალებადობს. ტექტონიკური რღვევების გამო ზოგან შემცირებულია მაიკოპის და ზედა ეოცენის სიმძლავრეებიც. კერძოდ, მაიკოპის სისქე ყველაზე ნაკლებია ნინოწმინდის ანტიკლინის თაღში, მერყეობს 71 მ-დან 175 მ-მდე. ჩრდილო-აღმოსავლეთისკენ, რღვევის სიბრტყის დახრის მიმართულებით, ეს ნალექები იძირება, მაგრამ სიმძლავრე არ მატულობს.

სამაგიეროდ, სამხრეთ-დასავლეთისკენ რღვევის სი-
ბრტყე ზემოთ იწევს ჰიფსომეტრიულად და შედა-
რებით ახალგაზრდა ჰორიზონტებს ეხება. შესაბა-
მისად, მაიკოპის სიმძლავრე (არასრული) იზრდება ამ
მიმართულებით 1486 მ-დან (№18 ჭაბ.) 1723 მ-მდე
(№24 ჭაბ.), მატულობს აგრეთვე დაძირვის სიღრმეც
(3500 მ-ზე მეტად). რაც შეეხება ზედა ეოცენს, ასევე,
ტექტონიკური მიზეზების გამო, მისი სიმძლავრე
ნაკლებია ნინოწმინდის ანტიკლინის თაღში - 245–
600 მ. ჩრდილოეთი და სამხრეთი მიმართულებით
ეს ნალექები იძირება (3330–3500 მ-ზე ღრმად) და
სიმძლავრეც 900–1060 მ-მდე იზრდება.

აღნიშნულმა გარემოებებმა ფაქტობრივად გან-
საზღვრა ამფწ-ის ზონების გავრცელების კანონზო-
მიერებები უბნის გეოლოგიურ ჭრილში. კერძოდ,
ჩვენი გამოთვლებით, ანომალურად მაღალი ფენის
წნევის ზონის სახურავი პალდოს სინკლინის სამხ-
რეთ- დასავლეთ ფრთაში (ნაოჭის ღერძის მახლობ-
ლად) ჰიფსომეტრიულად მდებარეობს, საშუალოდ,
1600–1800 მ-ის სიღრმეში და უშუალოდ უკავშირდება
I რეგიონალური რღვევის ზონას (იხ. 1-ელ ცხრილში,
№№45,46,15,50,18 ჭაბ.). ჩრდილო-აღმოსავლეთით,
პალდოს სინკლინის მულდაში, ამფწ-ის ზონის
სახურავი, ქანების დაძირვის პარალელურად, ჰიფ-
სომეტრიულად დაბლა ეშვება (1800–2150 მ-მდე),
მაგრამ სტრატეგრაფიულად მდებარეობს შუა სარ-
მატში, რეგიონალური შეცოცების ზონის ზემოთ.

ამფწ-ის ზონის ქვედა საზღვარი, №№4,16,21,22,46,
47,49,52,53,96,97,98,100 ჭაბურდილების შედარებით
სრულ გეოლოგიურ ჭრილებში, მეტწილად, შუა
ეოცენის ზედა, ორთოტუფიტების წყებამდე ჩამო-
დის და 2300–2350 მ-დან 2850–2910 მ-მდე მერყეობს;
საკუთრივ ზონის სიმძლავრე, შესაბამისად, 280–300

მ-დან 1100–1200 მ-მდე ცვალებადობს. ამ სეგმენტში
გაბურდილ სხვა ჭაბურდილებს (№№15,18,45, 50 ჭაბ.)
შუა ეოცენი არ გაუხსნია. აქ აღნიშნული ზონის
ქვედა ინტერვალები 2616–3259 მ-ზე ღრმად
მდებარეობს, არასრული სიმძლავრე კი 1040 მ-დან
1660 მ-მდე მერყეობს.

ამრიგად, აღნიშნულ სეგმენტში ამფწ-ის ზონის
გავრცელების სტრატეგრაფიული დიაპაზონი მოი-
ცავს შუა სარმატის ქვედა ნაწილს, მაიკოპს და თითქ-
მის მთელ ზედა ეოცენს. მისი მინიმალური სიმძლავ-
რეები ნინოწმინდის ანტიკლინის თაღურ ნაწილს
უკავშირდება, მაქსიმალური კი ნაოჭის ფრთებს.

მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინის ჩრდილო-დასავ-
ლური სეგმენტი (ალოქთონი) – ნინოწმინდის ანტიკ-
ლინის ჩრდილოეთი ფრთა და აღმოსავლური პერიკ-
ლინი (ავტოქთონი). აქ ზედაპირზე გამოშვლებულია
შუა-ზედასარმატული და მეოტურ-პონტური ნალე-
ქები. მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინის კლიტე, ფაქტობ-
რივად, მოჭრილია I რეგიონალური შეცოცების ერთ-
ერთი მსხვილი განშტოების და ჩრდილო-აღმოსავ-
ლეთიდან შემოცოცებული სტრუქტურის ერთსახელა
ფრთის მიერ (სურ. 1). საკუთრივ რღვევა ზედაპირზე
იხსნება №№35/75/78 და 54/55/56 ჭაბურდილებზე
გამავალი დიაგონალის გასწვრივ. ანტიკლინის თაღში
განლაგებულია ზემოთ დასახელებული ჭაბურდილე-
ბის პირველი ჯგუფი, ხოლო ჩრდილო ფრთაზე მდე-
ბარეობს მეორე ჯგუფი და №36 ჭაბურდილი. სამხ-
რულ ფრთაზე, პალდოს სინკლინის მულდის მახ-
ლობლად, გაბურდილია №№38 და 59-ე ჭაბურ-
დილები. ავტოქთონის სტრუქტურებთან მიმართე-
ბაში №№54/55/56 ჭაბურდილები დგას ნინოწმინდის
ანტიკლინის აღმოსავლეთ პერიკლინზე, ხოლო და-

ნარჩენები – აღნიშნული ნაოჭის რღვევებით გართულ-
ლებულ შორეულ ჩრდილო ფრთაზე.

შუა სარმატის სიმძლავრე ცვალებადობს 570მ-
დან 2465 მ-მდე (მატულობს ჩრდილო-დასავლეთი-
დან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ), მაიკოპის – 100 მ-
დან 701 მ-მდე, ზედა ეოცენის – 280 მ-დან 950 მ-მდე
(მატულობს ჩრდილოეთი მიმართულებით). დაძი-
რვის (საგების) განლაგების ნიშნულები მერყეობს:
შუა სარმატის – 2330 მ-დან 2990 მ-მდე (მატულობს
დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ), მაიკოპის –
2540 მ-დან 3693 მ-მდე (მატულობს ჩრდილო-აღმო-
სავლეთი მიმართულებით).

როგორც წინა შემთხვევაში, აქაც, ამფწ-ის ზონა
სტრატოგრაფიულად ვრცელდება შუასარმატულ-
მაიკოპურ-ზედაეოცენურ ნალექებში. მისი სახურავი
მდებარეობს შუა სარმატში, ჰიფსომეტრიულად და
სტრატოგრაფიულად რეგიონალური რღვევის ზო-
ნის ზემოთ. ნიშნულები (სიღრმე) ცვალებადობს 650-
740 მ-დან (№№54/55/56 ჭაბ.) 1100–1550 მ-მდე
(დანარჩენი ჭაბურღილები). ზონის ქვედა საზღვარი
ფაქტობრივად უცნობია თუ არ ჩავთვლით №56
ჭაბურღილის გეოლოგიურ ჭრილს, სადაც იგი
ჰიფსომეტრიულად 3050–3090 მ-მდე ჩამოდის (შუა
ეოცენის სახურავამდე), სხვაგან კი 3500–3700 მ-ს
აჭარბებს (№№59 და 36-ე ჭაბ.) და უკავშირდება
ღრმად დაძირულ უბნებს.

ამფწ-ის ზონის სიმძლავრე, ხშირ შემთხვევაში,
არასრულია, ცვალებადობს 2340 მ-დან (სრული, №56-
ე ჭაბ.) 2640 მ-მდე (არასრული, №36-ე ჭაბურღილი).

ამრიგად, ზემოთ განხილული შემთხვევების
მსგავსად, ამფწ-ის სახურავის ჰიფსომეტრიული ნიშ-
ნულები და საკუთრივ ზონის სამძლავრეები მინი-
მალურია ნინოწმინდის ანტიკლინის თაღში (აღმო-

სავლურ პერიკლინში), მაქსიმალური-სტრუქტურის
ფრთებზე.

მანავის მოედნის ფარგლებში არსებულ ჭაბურ-
ღილებს შორის ალოქთონის სტრუქტურებთან მი-
მართებაში №№3 და 9 განლაგებულია რღვევებით
ძლიერ გართულებული მანავი-კაკაბეთის ანტიკ-
ლინის თაღის მახლობლად, სამხრეთ ფრთაში, №8-
თაღზე ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან შემოცოცებული
ფრთის სამხრეთ ნაწილში. სამხრეთით, პალდოს
სინკლინის ვიწრო ცენტრიკლინში მდებარეობს №7
ჭაბურღილი, ხოლო მოედნის უკიდურეს სამხრეთ
კიდეზე №2 ჭაბურღილი. №№10,11,12 და 13 ჭა-
ბურღილები გომბორის სინკლინის სამხრეთ-დასავ-
ლეთ ფრთაშია, რომელიც, ამავე დროს, შესაბამეა
მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინის ჩრდილო-აღმოსავ-
ლეთ ფრთას. აღნიშნული ჭაბურღილების სტრუქტუ-
რული პოზიცია ავტოქთონური სტრუქტურების მი-
მართ ასეთია: №№10,11,12,13 ჭაბურღილები განლა-
გებულია მანავის ანტიკლინის თაღურ ნაწილში,
ხოლო დანარჩენი (№№2,3,7,8,9 ჭაბ.), ძირითადად,
დასახელებული სტრუქტურის შორეულ სამხრეთ
ფრთაში. მოედნის ზედაპირზე განვითარებულია
შუა- და ზედასარმატული, ნაწილობრივ, მეოტურ-
პონტური ტერიგენული წარმონაქმნები. სიღრმეში
ბურღვით გახსნილია მაიკოპურ-ზედაცარცული ტე-
რიგენული, ვულკანოგენურ-დანალექი და კარბონა-
ტული ქანები. ნინოწმინდის მოედნის მსგავსად, აქაც,
ტექტონიკური რღვევების გამო, ხშირად დარღვეუ-
ლია სტრატონების ნორმალური განლაგება, ზოგჯერ
მოჭრილია მათი დიდი ნაწილი, იშვიათად ჭრილი მე-
ორდება და, შესაბამისად, სიმძლავრეებიც იზრდება.

შუა სარმატის სიმძლავრე ტერიტორიის ფარგ-
ლებში 1555 მ-დან 3110 მ-მდე მერყეობს (არათა-

ნაბრად იზრდება ჩრდილოეთი მიმართულებით, ცალკეული დასტის ერთმანეთზე შესხლეტა-შეცოცების გამო). მაიკოპისა და ზედა ეოცენის სიმძლავრეები გაცილებით ნაკლებია: პირველის ცვალებადობს 130 მ-დან 400 მ-მდე, მეორის – 0-დან 480 მ-მდე (არათანაბრად იზრდება სამხრეთი მიმართულებით). როგორც სხვა შემთხვევაში, აქაც მათი გეოლოგიური ჭრილები ძირითადად პლასტიკური თიხებით არის აგებული. ეს განსაკუთრებით შუა სარმატს ეხება; მაიკოპის და ზედა ეოცენის პელიტური წარმონაქმნების ერთი ნაწილი, ღრმად განლაგების და გაზრდილი გეოსტატიკური და გეოდინამიკური წნევების შედეგად, გამკვრივებულია და არგილიტისებრი თიხებით არის წარმოდგენილი. ძირითადად ამ თავისებურებათა გამო, ბურღვის პროცესში წარმოშობილი გართულებების უმეტესობა (განსაკუთრებით საბურღი იარაღის ჩაჭერა) შუა სარმატის ქვედა, თიხიან ჰორიზონტებს უკავშირდება.

რაც შეეხება აღნიშნული სტრატონების დაძირვის (საგების განლაგების) ნიშნულებს, შუა სარმატის მერყეობს 2933 მ-დან 3820 მ-მდე - ჰიფსომეტრიულად ამოწეულია მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინის თაღში და, საერთოდ, ისაზღვრება I რეგიონალური რღვევით; მაიკოპის – 3388 მ-დან 3965მ-მდე, ხოლო

ზედა ეოცენის – 3748 მ-დან 4494 მ-მდე, არათანაბრად იძირება ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ.

ამფწ-ის ზონის სახურავი, მანავის მოედნის გეოლოგიურ ჭრილში, ყველა შემთხვევაში, სტრატოგრაფიულად მდებარეობს შუა სარმატში, I რეგიონალური რღვევის სიბრტყიდან ჰიფსომეტრიულად გაცილებით მაღლა. მისი ნიშნულები უნდა ცვალებადობდეს, საშუალოდ, 900–1000 მ-დან 2100–2200 მ-მდე (ცხრილი 2). ზონის სახურავი ამოწეულია მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინის თაღში, იძირება მისგან ჩრდილოეთით და სამხრეთით, ტექტონიკურად შედარებით მშვიდი სტრუქტურების – სინკლინების ძირისკენ. ამფწ-ის ზონა, როგორც მსგავსი აგებულების უბნებში, ქვემოდან შემოფარგლულია ზედა და შუა ეოცენის მოსაზღვრე ქანების დასტებით. მისი ნიშნულები სიღრმეში ჰიფსომეტრიულად მერყეობს, საშუალოდ, 3670–3770 მ-დან 4050–4500 მ-მდე; ამოწეულია მანავის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაში, №№8 და 9 ჭაბურღილების ჭრილებში. საკუთრივ ზონის სიმძლავრე არათანაბრად კლებულობს სამხრეთიდან ჩრდილოეთი მიმართულებით, მანავის ანტიკლინის თაღისკენ და ცვალებადობს, შესაბამისად, 3000–2800 მ-დან 1950–2000 მ-მდე.

ცხრილი 2

ამფწ-ის ზონის გავრცელების ინტერვალები მანავის ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილებში, მ (წილადის მრიცხველში – ზონის სახურავი, მნიშვნელში – საგების ნიშნულები; Σ - ამფწ-ის ზონის საერთო გასაშუალებული სიმძლავრე)

ჭაბ №	2	3	7	8	9	10	11	12	13
	21500-1600	1000-1100	21600-1700	900-950 3670-3760 Σ=2800	1000-1100 3680-3770 Σ=2700	?	2100-2200 3980-4170 Σ=2000	2100-2200 4050-4140 Σ=1950	2050-2150 >3350 Σ>1250

რაც შეეხება სიღრმეში ბურღვით გახსნილ 3750-4125 მ – 4500-5331 მ ინტერვალს, აქ ასაკობრივად გავრცელებულია შუაეოცენურ-ადრეცარცული ნალექები. გეოლოგიური ჭრილის ზედა და ქვედა ნაწილები (შუა ეოცენი და ზედა ცარცი) აგებულია ვულკანოგენურ-დანალექი და კარბონატული მძლავრი და ხისტი წყებებით, ხოლო შუა ინტერვალი – გვიანეოცენურ-პალეოცენური ასაკის, შედარებით ლაბილური ტერიგენული დასტებით, რომლებშიც თიხოვანი კომპონენტის შემცველობა შედარებით მცირეა და ამასთანავე მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი გამკვრივებულია – გადასულია არგილიტისებრ თიხებსა და არგილიტებში. აღსანიშნავია, რომ ხსენებული სტრატონების ქანები იბურღებოდა 1,04–1,30 გ/სმ³ სიმკვრივის მქონე სარეცხი სითხით, შესაბამისად ეს წარმონაქმნები ამფწ-ის პოტენციური მატარებელი არ არის და ძირითადად ქანების ნორმალური შემჭიდროების ზონაში მდებარეობს.

დასკვნა

ნინოწმინდისა და მანავის ნავთობგაზიანი საბადოების ფარგლებში 60-მდე ღრმა ჭაბურღილია გაბურღილი. მათ შორის ლულის კედლების შევიწროების, ჩამოქცევის, ფლუიდების გამოვლენის, სარეცხი სითხის შთანთქმის და საბურღი ინსტრუმენტის მოძრაობის უნარის დაკარგვის ხშირი შემთხვევის გამო ათზე მეტმა ჭაბურღილმა ვერ მიაღწია დასახულ მიზანს და ლიკვიდირებულ იქნა, ზოგიერთში დამატებითი (გვერდითი) ლულები გაიბურღა; უმეტესი მათგანის ბურღვა, მართალია, დამთავრდა მშენებლობით, მაგრამ აღნიშნული გართულებების სალიკვიდაციოდ დიდი დრო და სახსრები დაიხარჯა. ამ გართულებათა უმეტესობა

რაიონის რთული გეოლოგიური აგებულებით ინსპირირებული ანომალურად მაღალი ფენის წნევის (ამფწ) ზონების არსებობით არის განპირობებული. ეს ზონები ფართოდაა გავრცელებული არა მარტო ჩვენი ტერიტორიის გეოლოგიურ ჭრილებში, არამედ მსოფლიოს მრავალი ნავთობიანი ოლქის დანალექ საფარში და მნიშვნელოვნად აფერხებს ღრმა ჭაბურღილების ბურღვას. შესაბამისად, მათი წარმოშობის პირობების, პროგნოზირების და გავრცელების კანონზომიერებების კვლევა რთულ პრობლემათა კატეგორიას განეკუთვნება და, ამავ დროს, ფრიად აქტუალურია.

ლიტერატურულ წყაროების, ბურღვის, გეოლოგიური და გეოფიზიკური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შესწავლილი რაიონის დანალექ საფარში ამფწ-ის ზონის წარმოშობას, ჩვენი მოსაზრებით, ძირითადად განაპირობებს:

- 1) პლასტიკური თიხოვანი ქანების, განსაკუთრებით ბენტონიტების შემცველი მძლავრი (>1,5–2,0 კმ) წყებების გავრცელება;
 - 2) ღრმად დაძირული, ვრცელი, ძირითადად თიხოვანი ნალექებით აგებული სედიმენტური აუზის არსებობა;
 - 3) მასალის დალექვის (აუზის ფსკერის კომპენსაციური დაძირვის) სიჩქარის პრიმატი ქანების გამკვრივების ხანგრძლივობის მიმართ;
 - 4) ქანების ინტენსიური დანაოჭება და რღვევითი დისლოკაციების ფართო ქსელი.
- მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება:
- 1) მაღალი ფენის წნევის მქონე ფლუიდების შემოდინებას ჩაკეტილ (ლოკალურ) რეზერვუარებში;
 - 2) ოსმოსურ მოვლენებს;
 - 3) გეოქიმიურ პროცესებს (მაგ., ილიტიზაცია).

ღრმად დამირული, პლასტიკური, განსაკუთრებით მონტმორილონიტური სახესხვაობებით მდიდარი თიხების მძლავრი დასტები პოტენციურად მაღალი დრეკადი ენერჯის მატარებელია. რაც უფრო დიდი სისქისაა, ამასთანავე, ღრმადაა დამირული ეს ქანები და ვრცელია სედიმენტური აუზი, მით მეტია ამფწ-ის ზონის სიმძლავრე, განლაგების სიღრმე და ანომალურობის კოეფიციენტი. ამ პარამეტრების მნიშვნელობები კლებულობს როფების ცენტრალური ნაწილიდან ბორტებისკენ. ჩვენს შემთხვევაში ასეთ პირობებში იმყოფება შუასარმატული, მაიკოპური და ზედაეოცენური ალევრო-პელიტური წარმონაქმნები. ეს ნალექები შესწავლილ ტერიტორიაზე ღრმადაა დამირული (3,5–4,5 კმ), მიუხედავად ამისა, მათი უდიდესი ნაწილი, განსაკუთრებით შუასარმატული და მაიკოპური თიხოვანი ქანები, პლასტიკურობას ინარჩუნებს. ამ წარმონაქმნების ფორმირება მიმდინარეობდა, ძირითადად, შემადგენელი მასალის ფართომასშტაბური მობილიზაციის და ინტენსიური დაგროვების, აუზის ფსკერის კომპენსაციური დაძირვის და ბორტების აზეების პირობებში. ამასთანავე, ნალექების გამკვრივების და დეჰიდრატაციის პროცესი დროში ჩამორჩებოდა სედიმენტაციის სიჩქარეს. ამ გარემოებათა გამო გაუმკვრივებელ, ფხვიერ, პლასტიკურ ქანებში დარჩენილია ბმული (ფორების) წყლის დიდი ოდენობა, რომელიც თავის თავზე იღებს გეოსტატიკურ და გეოდინამიკურ წნევებს, რაც, ჩვენს პირობებში, ამფწ-ის ზონების წარმოშობის ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორია.

ქანების ტექტონიკური სტრესის (შეკუმშვის) შედეგად წარმოშობილი გეოდინამიკური წნევის გრადიენტი შედარებით მაღალია ნაოჭების კლიტეებში. შემთხვევითი არ არის, რომ რღვევითი დის-

ლოკაციები, მეტწილად, მათთან არის დაკავშირებული. შესაბამისად, აქ არსებულ ქანებზე გეოსტატიკური წნევის გარდა, გეოდინამიკური დაძაბულობაც მოქმედებს. ამასთანავე, თუ რღვევის ზონები გამტარია და მათში ცირკულირებს ღრმა ჰორიზონტებიდან გამოწურული (ელიზიური) გაზირებული წყალი, მაშინ ანტიკლინის თაღში საშუალო და მცირე სიღრმეებშიც კი შესაძლებელია ამფწ-ის ზონა ჩამოყალიბდეს (მაგ., ნინოწმინდის და მანავის ანტიკლინები).

ამფწ-ის ზონა ზოგჯერ წარმოიშობა ლოკალურ უბნებში გავრცელებულ კოლექტორებში, ჩვენს პირობებში შუა სარმატის, მაიკოპის, ზედა ეოცენის თიხოვან ქანებში არსებულ ქვიშაქვების ლინზებსა და შუაშრებში. ამ შემთხვევაში, აღნიშნულ სხეულებში, ხშირად, განსხვავებული ჰიდროდინამიკური სისტემა ყალიბდება, რომელშიც გვერდით არსებული თიხოვანი ქანებიდან გამოწურული ფლუიდების ინფილტრაცია მიმდინარეობს. ასეთი სხეულები, ცალკეულ შემთხვევებში, ფენის წნევის ძალზე მაღალი გრადიენტის მატარებელია. ეს გარემოება, ნაწილობრივ, ოსმოსური მოვლენებითაც შეიძლება იყოს განპირობებული. როგორც ჩანს, პლასტიკური თიხების შრეები, ზოგჯერ, ნახევრად გამტარი მემბრანის როლს ასრულებს. ჰიფსომეტრიული მდებარეობის მიუხედავად, დაბალმინერალიზებული სითხე თიხის შრის გავლით მოძრაობს მაღალი მინერალიზაციის მქონე რეზერვუარისკენ, სანამ ხსნარების კონცენტრაცია და, შესაბამისად, ჰიდროსტატიკური წნევები არ გათანაბრდება. ცალკეულ შემთხვევებში ნახევრად გამტარი მემბრანის როლი, შესაძლებელია, გათიხებულმა ტექტონიკური რღვევის ზონებმაც შეასრულოს.

ჩვენს პირობებში ამფწ-ის ზონების წარმოშობა, სავარაუდოდ, განპირობებული უნდა იყოს აგრეთვე ღრმად განლაგებულ ინტერვალეებში ილიტიზაციის პროცესის შედეგად გენერირებული წყლების მიერ, რომლებიც შესაბამის გარემოს ქმნიან გეოლოგიური ჭრილის ზედა ჰორიზონტების ფორმებში, ნაპრალებსა და რღვევის ზონებში ცირკულაციის პროცესში.

ანომალურად მაღალი ფენის წნევის ქვედა საზღვრად, მკვლევართა უმეტესობის მიერ, მიჩნეულია სიდიდე, რომელიც 1,3-ჯერ და მეტად აღემატება პირობითი ჰიდროსტატიკური წნევის მაჩვენებელს. ჩვეულებრივ, ამფწ-ის ზონა ზემოდან და ქვემოდან ისაზღვრება ქანების ნორმალური შემჭიდროების ზონებით. როგორც გამოირკვა, აღნიშნული ზონები უშუალოდ კი არ ენაცვლება ერთმანეთს გეოლოგიურ ჭრილში, არამედ მათ შორის ყალიბდება ე.წ. გარდამავალი ინტერვალეები, რომელთა სიმძლავრეები დაახლოებით ერთგვაროვან ფაციესურ პირობებშიც კი საკმაოდ დიდ ფარგლებში ცვალებადობს, ჩვენს შემთხვევაში რამდენიმე ათეული მეტრიდან ასეულ მეტრამდე, ფენის წნევის გრადიენტი კი საშუალოდ 1,25-დან 1,30-მდე მერყეობს.

ნინოწმინდა-მანავის ტერიტორიის დანალექ სფეროში ფენის წნევის გრადიენტის ცვალებადობაში, ამფწ-ის ზონების გავრცელებას და სიმძლავრეების განაწილებაში გარკვეული კანონზომიერებები შეინიშნება. კერძოდ, აღნიშნული მახასიათებლების სიდიდეები არათანაბრად, მაგრამ საზოგადოდ მატულობს სამხრეთ-დასავლეთიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთისკენ, რაც ამ მიმართულებით პლასტიკური თიხოვანი ქანების სიმძლავრეების, მათი დაძირვის სიღრმეების და ტექტონიკური დამაბუ-

ლობის გაზრდით არის განპირობებული. ეს კანონზომიერებები არცთუ იშვიათად ირღვევა – მათში კორექტივები (ზოგჯერ, მნიშვნელოვანი) შეაქვს ცალკეული უბნების გეოლოგიური აგებულების თავისებურებებს. კერძოდ, აღნიშნული მიმართულებით ფენის წნევის გრადიენტის მაქსიმალური მნიშვნელობები ცვალებადობს: 1,75–1,85-დან (ნინოწმინდის ანტიკლინის დასავლეთი პერიკლინი – პატარძელის ანტიკლინი) – 1,85–1,90 (ნინოწმინდის ანტიკლინის თალი – პალდოს სინკლინის ძირი) – 1,95–2,10 (ნინოწმინდის ანტიკლინის აღმოსავლური პერიკლინი – მანავი-კაკაბეთის ანტიკლინი) – 2,00–2,20-მდე (მანავის ანტიკლინი-გომბორის სინკლინის სამხრეთ-დასავლეთური ფრთა). ამასთანავე, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ნინოწმინდის ანტიკლინის თალსა და აღმოსავლურ პერიკლინში მაიკოპურ-ზედაეოცენური ნალექების სიმძლავრეები 315–600მ-მდე მცირდება. შესაბამისად იკლებს ფორების წყლების საერთო მოცულობა და, საბოლოო ანგარიშით, ფენის წნევის გრადიენტიც 1,25–1,30-მდე მცირდება. აღნიშნული სტრუქტურის ჩრდილო-დასავლეთ ფრთაში ზედა ეოცენის სიმძლავრე და დაძირვის სიღრმე იზრდება, შესაბამისად, ფენის წნევის გრადიენტის მნიშვნელობაც 1,70–1,75-მდე აღწევს. აღსანიშნავია, რომ საშუალო სიღრმეებში განლაგებული ნავთლულის წყების (ზედა ეოცენი) ქვედა ჰორიზონტებში და მის მომიჯნავე ორთოტუფიტების წყების ზედა ნაწილში (შუა ეოცენი) ამ მახასიათებლის მნიშვნელობები ნორმალურს უახლოვდება. ეს თავისებური გარდამავალი ინტერვალეა ამფწ-სა და ანომალურად დაბალი ფენის წნევის ზონებს შორის.

თვით შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი მტკიცე ქანებით აგებულ მასივში, როგორც ინსტრუმენტული გაზომვები და ბურღვის პრაქტიკა გვიჩვენებს, ფენის წნევის გრადიენტი ნორმალურ ჰიდროსტატიკურ წნევასთან შედარებით დაბალია. კერძოდ, სამგორი-პატარძელი-ნინოწმინდის შუა-ეოცენური ნავთობგაზიანი საბადოს დამუშავების საწყის სტადიაზე ფენის წნევის სიდიდე განისაზღვრა 252,6 ატმ-ით. ამ მახასიათებელმა მინუს 1750 მ-ზე შეადგინა 226 ატმ, ჭარბი წნევის სიდიდემ – 10,4 ატმ. ამჟამად, საბადოს დამუშავების დამატარებელ ეტაპზე, ფენის წნევის მნიშვნელობა მინუს 2130მ სიღრმეში 250,6 ატმ-ს შეადგენს, რაც შუა ეოცენის მთელ ვულკანოგენურ-დანალექ მასივში ანომალურად დაბალი ფენის წნევის ზონის არსებობაზე მიუთითებს.

მანავის მოედნის (ნაწილობრივ ნინოწმინდის) გეოლოგიური ჭრილის ქვედა ნაწილში ანომალურად დაბალი ფენის წნევის (შუა ეოცენი) და ქანების ნორმალური შემჭიდროების (ზედა ცარცი) ზონებს შორის განვითარებულია პალეოცენურ-ქვედაეოცენური ტერიგენული წარმონაქმნები. შედარებით მცირე სიმძლავრის შემთხვევაში მათი გავრცელების ინტერვალებში ყალიბდება ქანების ნორმალური შემჭიდროების ზონა, ხოლო დიდი სიმძლავრის პირობებში შესაბამისი ინტერვალები გარდამავალი ან ამფწ-ის დაბალი მნიშვნელობის ($K_{\text{sd}} = 1,3 - 1,4$) არეალში ექცევა, ე.ი. ანომალურად მაღალი ფენის წნევის ზონის ნაწილობრივი რეგენერაცია ხდება.

ამფწ-ის ზედა საზღვარი ჩვენი რაიონის ფარგლებში ჰიფსომეტრიულად ცვალებადობს (სამხ-

რეთ-დასავლეთ – ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულებით) 600–800 მ-დან 900–2200 მ-მდე, ქვედა – 2400–2700 მ-დან 3700–4500 მ-მდე. პირველი მათგანი რაონის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში სტრატиграფიულად და ტექტონიკურად ემთხვევა შუა სარმატის და მაიკოპის გამყოფ I რეგიონალურ რღვევას, ცენტრალურ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში მდებარეობს შუა სარმატის ქვედა ჰორიზონტებში, აღნიშნული რღვევის სიბრტყიდან ჰიფსომეტრიულად მაღლა (მაგრამ უფრო ღრმად). ზონა ქვემოდან იფარგლება, დამარხული ანტიკლინების თალებში, შუა და ზედა ეოცენის მოსაზღვრე დასტებით, სტრუქტურების ფრთებზე - ზედა ეოცენის ქვედა ინტერვალებით. პირველ შემთხვევაში ამფწ-ის ზონის სტრატиграფიული გავრცელების დიაპაზონია მაიკოპი-ზედა ეოცენი, მეორეში – შუა სარმატის ქვედა ჰორიზონტები – მაიკოპი-ზედა ეოცენი.

ზონის სიმძლავრე ასევე არათანაბრად მატულობს ჩრდილო-აღმოსავლეთი მიმართულებით, საშუალოდ, 700–2100 მ-დან 2000–3000 მ-მდე. ამასთანავე, აღნიშნული ზონის სახურავი ჰიფსომეტრიულად ამოწეულია ანტიკლინების თალებში 600–700 მ-დან 900–1000 მ-მდე, დაწეულია სინკლინების ძირში 1800–2200 მ-მდე. მისი სიმძლავრე ანტიკლინების ფარგლებში მერყეობს საშუალოდ 300–700 მ-დან 1700–2000 მ-მდე, სინკლინების მულდებში – 1400–1700 მ-დან 2600–3000 მ-მდე. ამასთანავე, ამფწ-ის მნიშვნელობები პირველ შემთხვევაში, მეტწილად, შედარებით ნაკლებია, ვიდრე ღრმად დაძრულ სინკლინურ დეპრესიებში.

ლიტერატურა

1. Dictionary of oil and gas geology. Leningrad: "Nedra". 1988, 679 p. (In Russian).
2. Dobrynin V.M., Serebryakov V.A. Methods of forecasting of abnormally high formation pressures. Moscow: "Nedra". 1978, 232 p. (In Russian).
3. Geological dictionary. Vol. 1. Moscow: "Nedra". 1978, 486 p.
4. Dickinson G. Geological aspects of abnormal reservoir pressures in Gulf Coast Louisiana. AAPG Bulletin. Vol. 37. №2. 1953, 410-432 pp.
5. Babalyan G.A. About factors causing abnormally high initial pressures in the reservoirs. Baku: "Trudy neftyanoy ekspeditsii". Vol.1. 1953, 87-93 pp. (In Russian).
6. Durmishian A.G. Gas condensate deposits in Azerbaijan. Baku: "Azgosizdat". 1967. (In Russian).
7. Durmishian A.G. About syngenetic and epigenetic characteristics of abnormal high reservoir pressures (AHRP). Moscow. 1973. (In Russian).
8. Hubbert M.K., Rubey W.W. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. Bulletin of the geological society of America. vol. №2. 1959, 115-166 pp.
9. Levorsen A. Oil and gas geology. Moscow: "Mir". 1970, 638 p. (In Russian).
10. Sherstnev N. M., Salayev S.G., About high formation pressures in tectonically complicated areas. Azerbaijan oil production. №5. 1954, 1-3 pp. (In Russian).
11. Kissin I. G. Hydrodynamic anomalies in water-drive system on the example of East and Central Pre-Caucasian region. Bulletin MOIP. Geological department. №2. 1965, 121-139 pp. (In Russian).
12. Simkhaev V.Z., Shuvalov P. E. About characteristics of high abnormal formation pressure generation in oil-gas deposits of South-West Turkmenistan. Book: Oil – gas bearing prospects of South Kazakhstan and Turkmenistan. Moscow. 1972, 64-70 pp. (In Russian).
13. Hanshaw B.B., Bredehoeft J.D. On the maintenance of anomalous fluid pressures: II. Source layer at depth. GSA Bulletin. Vol. 79. №9. 1968, 1107-1122 pp.
14. Kyreev F.A., Kuzmin V.A. Distribution patterns of the deposit "Belyi Tigr" ("White Tiger"). Oil production. N3. Moscow. 2010, 48-52 pp. (In Russian).
15. Fenin G.I. Abnormal formation pressures in the zones of hydrocarbon accumulation of oil-gas basins. Petroleum geology. Theory and practice. Vol. 5. №4. 2010, 1-20 pp. (In Russian).
16. Pritchard D.M., York P.L., Beattie S., Hannegan D. Elimination complications in the process of drilling. Petroleum technologies. №4. 2011, 11-14 pp.
17. Borel W. I., Lewis R.L. Ways to detect abnormal formation pressures. Petrol. Engr. Vol.41. №10. 1969, 80-101 pp.
18. Kennedy J. L. Drilling industry will begin the 1970's with new equipment methods. Oil and gas journal. Vol.67. №38. 1969, 157-161 pp.
19. Forgotson J.M. Indication of proximity of high-pressure fluid reservoir. Bulletin of Amer. Assoc. Petrol. Geol. Vol.53. №1. 1969, 171-173 pp.
20. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paatashvili R., Suramelashvili Z. Certain geological and commercial-geophysical data interpretation aspects in the well drilling process. Mining journal. N1(36). 2016, 14-19 pp. (in Georgian).
21. Gorgots V.D. About forecast of Abnormal High Formation Pressure while drilling. Oil production. №10. 2011, 88-90 pp. (In Russian).
22. Jordan J.R., Shirley O.T. Application of drilling performance data to overpressure detection. Journal of petroleum technology. Vol. 18. №11. 1966, 1387-1397 pp.

23. Wilson G.J., Buch R.E. Pressure prediction with flowline temperature gradients. Journal of petroleum technology. Vol. 25. №2. 1973, 135-142 pp.
24. Tavdumadze I., Sharikadze M., Suramelashvili Z., Paatashvili R. Geological structure and history of development of Ninotsminda Upper Eocene oil deposit. Mining journal. N1(40). 2018, 14-19 pp. (In Georgian).
25. Sharikadze M., Tavdumadze I., Suramelashvili Z., Paatashvili R. Geological construct of Manavi field. Mining journal. N2 (40). 2018, 5-13 pp. (In Georgian).
26. Sharikadze M., Tavdumadze I., Paatashvili R., Suramelashvili Z. Geological paradigms of complications in the process of drilling Manavi 13 deep well. Mining journal. №1(42). 2019, 83-90 pp. (In Georgian).
27. Qoiava V.S. Lithology. Tbilisi, 1988, 587 p. (In Georgian).

UDC 550.89

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-75-104>

Geological conditions of generation and distribution of abnormal high formation pressure in Ninotsminda and Manavi fields sedimentary cover (near Tbilisi oil and gas region)

Mevlud Sharikadze Department of Applied Geology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: mevshar@mail.ru

Irakli Tavdumadze LLC „Kura Basin Operating Company (KBOC)”, 70 M. Kostava str., 0171 Tbilisi, Georgia

E-mail: irakli.tavdumadze@kboc.ge

Zurab Suramelashvili LLC „Kura Basin Operating Company (KBOC)”, 70 M. Kostava str., 0171 Tbilisi, Georgia

E-mail: zurab.suramelashvili@kboc.ge

Reviewers:

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

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

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

E-mail: v.khitarishvili@gtu.ge

Abstract. Abnormal high formation pressure (AHFP) zones are widely spread in sedimentary cover of numerous oil and gas regions of the world and our fields are among them. A lot of money and time are spent on elimination of some drilling complications of relevant intervals and that makes well costs more expensive. Therefore, study of forecast abnormal pressure generation and distribution zones is one of the current problems of deep well drilling activities. According to the drilling, geological and geophysical data analyzes and references, the generation of abnormal pressure in the sedimentary cover of the studied territory is mainly caused by: the existence of long submerged sedimentary basin, wide distribution of thick plastic clayey formations enriched with bentonite, primate

of submersion velocity against persistence of hardening of faeces, intense folding of formations and frequent network of fault dislocations. Stratigraphically AHFP zone corresponds mainly with Middle Sarmatian-Maikopian-Upper Eocene clayey-sandstone suit distribution intervals. Formation pressure maximum gradient within the region varies from 1.75-1.85 to 2.00-2.20, intervals of distribution AHFP zones - from 600-2200m to 3700-4500m, thicknesses - from 700-2100m to 2500-3000m. Indicators of the given parameters generally increase roughly from South-West to North-East towards the thicknesses of plastic clayey formations, their submersion depth and tectonic tense growth factor. Besides, geological characteristics of some particular areas cause some adjustments: AHFP zone is hypsometrically aroused in the hinge lines of fault anticlines and is sunk in syncline depressions, thickness and formation pressure gradients are less in anticlines than in synclines.

Key words: Abnormal high formation pressure (AHFP); anomalous pressure factor; anticline; clayey rocks; drilling; fold; geological section; montmorillonite; syncline; well; zone.

UDC 550.89

SCOPUS CODE 1907

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-75-104>

Геологические условия возникновения и распространения аномально высоких пластовых давлений в осадочном чехле ниоцминдского и манавского месторождений (Притбилисский нефтегазовый район)

Мевлуд Шарикадзе Департамент прикладной геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75

E-mail: mevshar@mail.ru

Иракий Тавдумадзе ООО «Kura Basin Operating Company (КВОС)», Грузия, 0171, Тбилиси, ул. М. Костава, 70

E-mail: irakli.tavdumadze@kboc.ge

Зураб Сурамелашвили ООО «Kura Basin Operating Company (КВОС)», Грузия, 0171, Тбилиси, ул. М. Костава, 70

E-mail: zurab.suramelashvili@kboc.ge

Рецензенты:

Т. Ломинадзе, Почетный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: lominadzetamaz@yahoo.com

В. Хитаршвили, Ассоциированный профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: v.khitarishvili@gtu.ge

Аннотация. Зоны аномально высоких пластовых давлений (АВПД) широко распространены в осадочном чехле во многих нефтегазоносных областях мира, в том числе в геологических разрезах большинства наших

месторождений. Для преодоления осложнений, возникших в процессе бурения зон распространения АВПД, требуется большое усилие, много времени и денежных средств. Исходя из этого, исследование закономерностей возникновения и распространения зон АВПД в геологических разрезах, является одной из множества актуальных проблем. В результате комплексного анализа литературных, буровых, геологических и геофизических данных выясняется, что образования АВПД в осадочном чехле изученной территории в основном определяется: существованием широкого седиментационного бассейна с тенденцией долговременного компенсационного погружения, большим распространением обогащенных бентонитами мощных пластичных глинистых пород, превалированием скорости осаждения материала над временем, требующего их уплотнения, интенсивной складчатости и широкой сетью разрывных нарушений. Зона АВПД стратиграфически соответствует в основном интервалам распространения среднесарматско-майкоп-верхнеэоценовых глинисто-песчаных пород. Максимумы градиента пластовых давлений в среднем колеблются от 1,75–1,85 до 2,00–2,20, глубины распространения зон АВПД – от 600–2200 до 3700–4500м, мощностей – от 700–2100м до 2500–3000 м. Величины отмеченных параметров неравномерно возрастают в северо-восточном направлении – в сторону увеличения мощностей, глубины погружения пород и тектонической напряженности. Вместе с этим, в отмеченных закономерностях свои коррективы вносят особенности геологического строения отдельных участков: зона АВПД гипсометрически приподнята в осложненных тектоническими разрывами в сводовых частях антиклиналей, опущена в синклинальных депрессиях, величины градиента пластовых давлений и мощностей зоны меньше в пределах антиклиналей, чем в мульдах синклиналей.

Ключевые слова: аномально высокое поровое давление (АВПД); антиклиналь; бурение; геологический разрез; глинистая порода; зона; коэффициент аномальности; монтмориллонит; синклиналь; скважина; складка.

განხილვის თარიღი 30.06.2020

შემოსვლის თარიღი 01.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

სისტემაწარმომქმნელ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს შერჩევის კრიტერიუმი და მათემატიკური მოდელი

- გურამ მახარაძე** ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge
- დავით ჯაფარიძე** ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 4600, ქუთაისი, ახალგაზრდობის 98
E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. რუხვაძე, სტუ-ის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: misharuch@gmail.com

ფ. ახალაძე, აწსუ-ის საინჟინრო-ტექნიკური ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

ანოტაცია. თუ სისტემაწარმომქმნელ ქსელში ($U_{\Sigma} \geq 220$ კვ) ზემოდალი ძაბვის ხაზები დატვირთულია ნატურალურ სიმძლავრეზე ნაკლები სიმძლავრით, გვაქვს ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრე. ამ სიმძლავრის უფრო დაბალი დონის ძაბვის ქსელებში ($U_{\Sigma} \leq 110$ კვ) გადადინება, ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, არამიზანშეწონილია და მოითხოვება მისი ადგილზე კომპენსაცია. სტატიაში, ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმის მიხედვით, სისტემური მიდგომის პრინციპის გათვალისწინებითა და ქსელის კვანძების საკუთარი და ურთიერთრეაქტიული წინაღობების გამოყენებით,

მიღებულია სისტემაწარმომქმნელ ქსელში მაკომპენსირებელი დანადგარის შერჩევის მათემატიკური მოდელი.

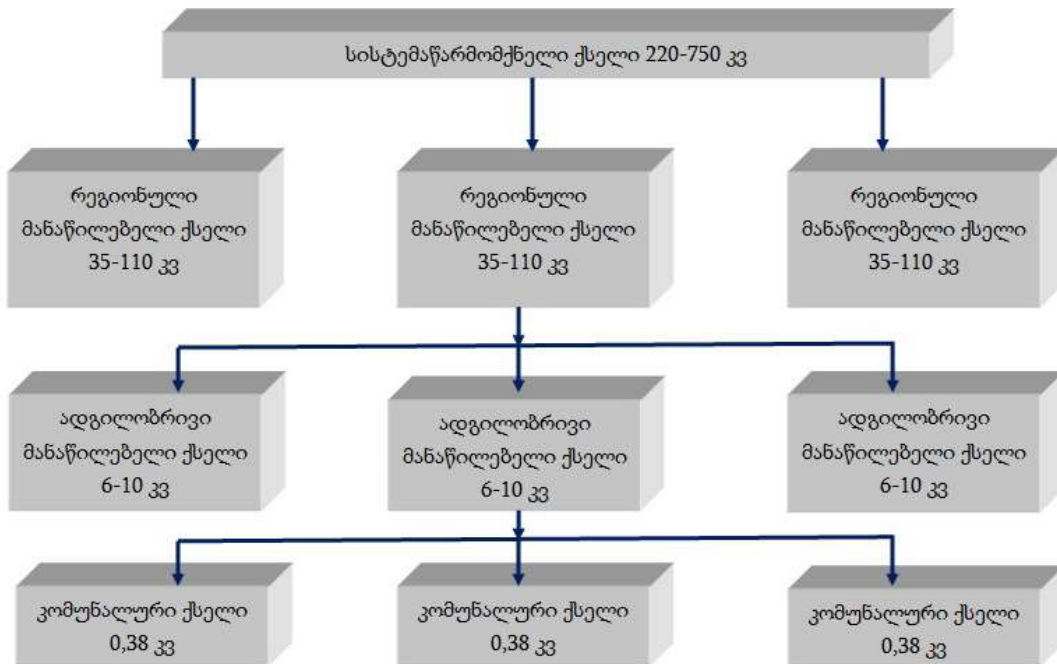
ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმი გულისხმობს სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვებისადმი წაყენებული მოთხოვნების უზრუნველყოფას. მიღებული მათემატიკური მოდელის მიხედვით იმ კვანძებში, სადაც მუშა ძაბვები აღემატება დასაშვებ მნიშვნელობას, დაიდგმება ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრის მიმღები მაკომპენსირებელი დანადგარი, მაგრამ თუ რომელიმე კვანძი გამოირჩევა დიდი რეაქტიული დატვირთვით და, ამასთან დაკავშირებით, ძაბვა დასაშვებზე

დაბალია, მაშინ მოდელის მიხედვით ამ კვანძში მოითხოვება დამატებითი რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს დაყენება. ამასთან, ეკონომიკურობის კრიტერიუმის მიხედვით, მოდელი ითვალისწინებს აღნიშნული რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს ოპტიმალურ გადანაწილებას სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძთან მიერთებული მანაწილებელი ქსელის კვანძებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: მაკომპენსირებელი და-ნადგარი; მანაწილებელი ქსელი; მუშა ძაბვა; რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყარო; საკუთარი და ურთიერთწინააღმდეგობა; სისტემაწარმომქმნელი ქსელი.

შესავალი

თანამედროვე ელექტრული სისტემების ელექტროგადაცემის ქსელის სტრუქტურა ზოგადად მოიცავს სხვადასხვა ნომინალური ძაბვისა და კონფიგურაციის ქსელის ელემენტებს (მაღალი და ზემდადანი ძაბვის, ასევე საშუალო და დაბალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებსა და ტრანსფორმატორებს). აღნიშნულ სტრუქტურაში მათი გამტარუნარიანობისა და დანიშნულების მიხედვით გამოყოფენ: სისტემაწარმომქმნელ, რეგიონულ - მანაწილებელ, ადგილობრივ მანაწილებელ და კომუნალურ ქსელებს (სურ. 1) [1].



სურ. 1. ელექტროსისტემის გადაცემის ქსელის სტრუქტურა

ელექტროგადაცემის ქსელის სტრუქტურული სქემიდან ჩანს, რომ ყოველი დაბალი დონის ქსე-

ლი უფრო მაღალი დონის ქსელთან დაკავშირებულია ერთი კვანძით და ეს კვანძი უფრო დაბალი

დონის ქსელისთვის საბალანსო კვანძი ანუ კვების ცენტრია.

სისტემაწარმომქმნელი ქსელის მაღალი და ზემაღალი ძაბვის ხაზების მიერ გენერირდება დიდი სიდიდის რეაქტიული სიმძლავრე. ამ ხაზების ინდუქციურ წინაღობებში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები დიდია სისტემის მუშაობის მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმში, ხოლო შედარებით მცირე მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში. ამიტომ, სისტემაწარმომქმნელი ქსელის მინიმალური დატვირთვის რეჟიმი ხასიათდება რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვანი სიჭარბით [2]. ელექტრომომხმარებლები, რომლებიც მიერთებულია მანაწილებელი ქსელების კვანძებში, ქსელიდან აქტიურ სიმძლავრესთან ერთად მოითხოვს შესაბამისი სიდიდის რეაქტიულ სიმძლავრესაც, რომლის ტრანსპორტირება სისტემაწარმომქმნელი ქსელიდან მანაწილებელი ქსელების მომხმარებლებამდე იწვევს როგორც ძაბვის, ისე აქტიური ენერჯიის დანაკარგებს, რაც ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით არამიზანშეწონილია.

ძირითადი ნაწილი

გადაცემის ქსელის ნებისმიერ i -ურ კვანძში მუშა ძაბვის გადახრის სიდიდე განისაზღვრება გამოსახულებით [3]:

$$\Delta U_i = \frac{1}{U_b} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + Q_j X_{ij}).$$

შესაბამისად, ძაბვის მუშა მნიშვნელობა i კვანძში:

$$U_i = U_0 + \frac{1}{U_b} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + Q_j X_{ij}), \quad (1)$$

სადაც U_0 მაბალანსებელი კვანძის ძაბვაა (ბაზისური ძაბვა), კვ; P_j , Q_j – კვანძური სიმძლავრე, მგვტ,

მგვარ; R_{ij} , X_{ij} – კვანძების საკუთარი და ურთიერთწინაღობები, ომი.

წარმოდგენილ გამოსახულებაში P_j და Q_j გენერაციის შემთხვევაში აიღება „+“ ნიშანი, ხოლო დატვირთვის შემთხვევაში „-“ ნიშანი.

რადგან სისტემაწარმომქმნელი ქსელის ელემენტებისთვის დამახასიათებელია $X \gg R$ თანაფარდობა, ქსელში ძაბვის გადახრის სიდიდეზე (1) უფრო მეტ გავლენას ახდენს $Q_j X_{ij}$ შემდგენი. ამიტომ, ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვის რეგულირებისა და ქსელში დანაკარგების შემცირების მიზნით განიხილება Q_j კვანძური სიმძლავრის კომპენსაციის საკითხი კვანძებში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების შესაბამისი შერჩევის გზით [4].

აქედან გამომდინარე, ელექტრულ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების შერჩევის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ მაშუნტირებელი რეაქტორები (რეაქტიული სიმძლავრის მიმღები) ყენდება სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში, მასში არსებული ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის მიზნით, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროები – სისტემაწარმომქმნელი ქსელის განსახილველ კვანძში მიერთებულ მანაწილებელი ქსელის კვანძებში, რათა ქსელში ელექტროენერჯიის დანაკარგების შემცირების მიზნით მომხმარებელთა მიერ მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის მიწოდება განხორციელდეს შედარებით უფრო ახლო მდებარე კვანძიდან.

რაიმე დამატებითი ღონისძიებების გატარებამდე ქსელის კვანძებში ძაბვები განისაზღვრება (1) გამოსახულებით, კვანძებში ძაბვის საჭირო (მოთ-

ხოვნილი) დონის უზრუნველყოფის მიზნით რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარების დაყენების შემდეგ:

$$U_0 + \frac{1}{U_{\delta}} \cdot \sum_{j=1}^n (P_j R_{ij} + (Q_j + Q_{\delta j}) X_{ij}) = U_{i, მოთ.} \quad (2)$$

სადაც $Q_{\delta j}$ ქსელის j კვანძში დადგმული რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრეა, ამგვარ; $U_{i, მოთ.}$ – სისტემაწარმომქმნელი ქსელის i კვანძში ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე.

მიღებულია, რომ ნორმალურ დამყარებულ რეჟიმებში სისტემაწარმომქმნელი ქსელის ($U_{\delta} \geq 500$ კვ) კვანძებში მუშა ძაბვა ნომინალურიდან არ უნდა გადაიხაროს $\pm(2 \div 3)\%$ -ზე მეტად [1]. ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე კი ძაბვის დასაშვები გადახრის ზღვრული მნიშვნელობებია იმის მიხედვით, თუ რომელი მხრიდან დაირღვა უტოლობა – მარჯვნიდან თუ მარცხნიდან, შესაბამისად

$$(0,97 \div 0,98)U_{\delta} = U_{i, მოთ.}$$

და

$$(1,02 \div 1,03)U_{\delta} = U_{i, მოთ.}$$

თუ (2)-ს გამოვაკლებთ (1)-ს, მაშინ

$$\sum_{j=1}^n Q_{\delta j} X_{ij} = U_{\delta} \cdot (U_{i, მოთ.} - U_i). \quad (3)$$

(3) გამოსახულება სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრის შერჩევის მათემატიკური მოდელია, რომლის კრიტერიუმია ძაბვის მოთხოვნილი სიდიდე ამ კვანძში.

რადგან ქსელის კვანძების საკუთარი და ურთიერთწინააღმდეგობებისთვის დამახასიათებელია $X_{ii} \geq X_{ij}$ თანაფარდობა [3], ამიტომ i -ური კვანძის Q_i რეაქტიული სიმძლავრით გამოწვეული ძაბვის გადახრა j -ურ კვანძში არ აღემატება ძაბვის გადა-

ხრას თვით i -ურ კვანძში. შესაბამისად, ვწერთ:

$$\frac{Q_i X_{ij}}{U_{\delta}} \leq \frac{Q_i X_{ii}}{U_{\delta}}. \quad (4)$$

ქსელის ამა თუ იმ რეჟიმში ყოველთვის არის, ერთი მხრივ, უდიდესი მუშა ძაბვის მქონე i კვანძი და, მეორე მხრივ უმცირესი ძაბვის მქონე j კვანძი. თუ ეს ძაბვები სიდიდით გამოსულია შესაბამის დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობებს გარეთ:

$$U_{i, უდიდ.} > U_{i, დას. მაქს.} \text{ და } U_{j, უმც.} < U_{j, დას. მინ.} \quad (5)$$

მაშინ მაშინ დაისმება ქსელში ძაბვის რეგულირების ამოცანა, რაც ხორციელდება შესაბამის კვანძში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის დაყენების გზით, რომელიც ჩაიწერება შემდეგ სახით:

$$Q_{\delta i} X_{ii} + Q_{\delta j} X_{ij} = (U_{\text{დას. მაქს.}} - U_i) \cdot U_{\delta} \quad (6)$$

$$Q_{\delta i} X_{ji} + Q_{\delta j} X_{jj} = (U_{\text{დას. მინ.}} - U_j) \cdot U_{\delta}$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით i და j კვანძებში დავადგენთ მაკომპენსირებელი დანადგარების $Q_{\delta i}$ და $Q_{\delta j}$ სიმძლავრეს. ამასთან, $Q_{\delta i}$ იქნება უარყოფითი ნიშნით, რაც ნიშნავს, რომ i კვანძში უნდა დავაყენოთ მაშუნტირებელი რეაქტორი (აქ ძაბვა უდიდეს დასაშვებზე მეტია, რაც გამოწვეულია ამ კვანძის ჭარბი გენერაციით), ხოლო $Q_{\delta j}$ იქნება დადებითი ნიშნით, რაც ნიშნავს, რომ j კვანძში უნდა დავაყენოთ რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყარო (აქ ძაბვა უმცირეს დასაშვებზე ნაკლებია, რაც გამოწვეულია ამ კვანძის დიდი რეაქტიული დატვირთვით).

ამ ღონისძიების გატარების შემდეგ i და j კვანძებში ძაბვები მკაცრად შესაბამისი დასაშვები ზღვრული მნიშვნელობების ტოლი იქნება. (4) უტოლობის თანახმად, ქსელის სხვა კვანძებში ძაბვები უფრო ნაკლები სიდიდით შეიცვლება და არ არის

გამორიცხული, რომ ამ ღონისძიების გატარების შემდეგ შეიძლება აღმოჩნდეს რომელიმე k და/ან m კვანძი, სადაც ძაბვა დასაშვებ ზღვარს გარეთ იქნება. ამ შემთხვევაში სისტემაწარმომქმნელ ქსელში ძაბვის რეგულირების მათემატიკური მოდელი (3) უნდა ჩავწეროთ ყველა ამ კვანძისთვის (თავდაპირველად შერჩეული i, j კვანძი და შემდგომ გამოვლენილი k და/ან m კვანძი):

$$Q_{ji}X_{ii} + Q_{jj}X_{ij} + Q_{jk}X_{ik} + Q_{jm}X_{im} = (U_{\text{დას.მაქს}} - U_i) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{ji} + Q_{jj}X_{jj} + Q_{jk}X_{jk} + Q_{jm}X_{jm} = (U_{\text{დას.მინ}} - U_j) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{ki} + Q_{jj}X_{kj} + Q_{jk}X_{kk} + Q_{jm}X_{km} = (U_{\text{დას.მაქს}} - U_k) \cdot U_{\text{ფ}};$$

$$Q_{ji}X_{mi} + Q_{jj}X_{mj} + Q_{jk}X_{mk} + Q_{jm}X_{mm} = (U_{\text{დას.მინ}} - U_m) \cdot U_{\text{ფ}}.$$

მოსალოდნელია, რომ ამ ეტაპზე მთელ ქსელში ძაბვის რეგულირების თვალსაზრისით დასმული მიზანი მიღწეულია.

ამრიგად, გვაქვს სისტემაწარმომქმნელი ქსელის კვანძებში ძაბვის მართვის მათემატიკური მოდელი, რომლის გამოყენების მეთოდოლოგია შემდეგია:

- ქსელის რეჟიმის გაანგარიშება (ქსელის კვანძებში მუშა ძაბვების გამოთვლა (1) გამოსახულებით) და კვანძების მუშა ძაბვების ანალიზი; იმ კვანძების გამოვლენა, სადაც მუშა ძაბვები სიდიდით გასულია შესაბამის დასაშვებ ზღვრულ მნიშვნელობას გარეთ (ადგილი აქვს (5) უტოლობას);
- ა) თუ აღმოჩნდა, რომ (5) უტოლობა სრულდება მხოლოდ ერთ მხარეს რამდენიმე კვანძისთვის, მაშინ (6) განტოლებას ჩავწერთ იმ

ერთი კვანძისთვის, სადაც მუშა ძაბვა ყველაზე დაბალია/მაღალია. იმ შემთხვევაში, თუ რომელიმე ორ კვანძში ძაბვა ერთნაირი სიდიდით დაბალია/მაღალია, მაშინ (6) განტოლებას ჩავწერთ იმ ერთი კვანძისთვის, რომლის საკუთარი რეაქტიული წინაღობა უფრო დიდია. ამოვხსნით ამ განტოლებას და გადავამოწმებთ მუშა ძაბვებს კვანძებში: თუ ყველა კვანძის ძაბვა ნორმის ფარგლებშია, მაშინ ამოცანის ამოხსნა დამთავრებულია. იმ შემთხვევაში, თუ მივიღეთ რომ ქსელის სხვა რომელიმე კვანძში ძაბვა გასცდა დასაშვებ ზღვარს, მაშინ (6) სახის განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ თავიდან მონიშნული და ახლად გამოვლენილი კვანძებისთვის და ამოვხსნით. გადავამოწმებთ მუშა ძაბვებს და, საჭიროების შემთხვევაში, გავაგრძელებთ ამოცანის ამოხსნას მიზნის მიღწევამდე.

- ბ) თუ აღმოჩნდა, რომ (5) სახის უტოლობა სრულდება რამდენიმე კვანძისთვის და, ამასთან, სხვადასხვა მხარეს, მაშინ (6) სახის განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ იმ ორი კვანძისთვის, სადაც გადახრები სხვადასხვა მხარესაა უდიდესი. ამასთან, ორი ერთნაირი ერთ მხარეს უდიდესი გადახრის მუშა ძაბვის მქონე კვანძიდან ვირჩევთ იმას, რომლის საკუთარი რეაქტიული წინაღობა უფრო დიდია. ამოხსნის შემდეგ გადავამოწმებთ ძაბვებს კვანძებში და თუ ყველა კვანძის ძაბვა ნორმის ფარგლებშია, მაშინ ამოცანის ამოხსნა დამთავრებულია. იმ შემთხვევაში თუ სხვა რომელიმე კვანძში (ან კვანძებში) ძაბვა მაინც ზღვარს გარეთაა ერთ ან სხვადასხვა მხარეს, მაშინ განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ

შესაბამისი სამი ან ოთხი (ორი თავდაპირველად მონიშნული და ერთი/ორი ახლად გამოვლენილი) კვანძისთვის და ამოვხსნით. მუშა ძაბვებს გადავამოწმებთ და, საჭიროების შემთხვევაში, გავაგრძელებთ ამოცანის ამოხსნას მიზნის მიღწევამდე.

როგორც აღვნიშნეთ, j კვანძში, სადაც $U_{j,უმც.} < U_{j,დას.მინ.}$, Q_{kj} დადებითი ნიშნისაა. ამ შემთხვევაში, ქსელში ძაბვის ამალეებასთან ერთად, მივალწევთ ენერჯიის დანაკარგების შემცირებას, თუ Q_{kj} ჯამური სიმძლავრის დამატებით წყაროებს დავაყენებთ მოცემული ქსელის j კვანძში მიერთებულ უფრო დაბალი დონის ქსელის კვანძებში ანუ დაისმება ამოცანა, მოცემული Q_{kj} ჯამური რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს დაბალი დონის ქსელის კვანძებს შორის ოპტიმალური გადანაწილების

შესახებ. ამ ამოცანის მიზანია მეურნეობის დაყვანილი ხარჯები ანუ ამ ამოცანის ამოხსნისას გამოყენებული ეკონომიკურობის კრიტერიუმი.

დასკვნა

ელექტროსისტემაში რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის სიმძლავრისა და განთავსების ადგილის ოპტიმალური შერჩევის თვალსაზრისით წარმოდგენილ მათემატიკურ მოდელს ((3) სახის განტოლებათა სისტემა) საფუძვლად უდევს სისტემური მიდგომის პრინციპი და ურთიერთშეთანხმებულ კონტექსტში შეუძლია ერთდროულად ამოხსნას ორი ამოცანა სხვადასხვა კრიტერიუმით. კერძოდ, ერთისთვის განიხილება ელექტროენერჯიის ხარისხის კრიტერიუმი, ხოლო მეორესთვის – ეკონომიკურობის კრიტერიუმი.

ლიტერატურა

1. Venikov V.A., Glazunov A.A., Zhukov L.S., Soldatkina L.A. Electrical systems. Vol.2. Electric networks. Edited by V.A. Venikov. 1971. (In Russian).
2. Glazunov A.A. Electric network and systems. M.: "Gosenergoizdat". 1960. (In Russian).
3. Makharadze G. Management and optimization of energy regimes. Publishing house „Technical-University“. Tbilisi. 2005. (In Georgian).
4. Makharadze G. Electroenergetics (electrical) systems. Publishing house „Universal“. Tbilisi. 2015. (In Georgian).

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

Selection criteria and a mathematical model for the additional source of reactive power in a backbone network

- Guram Makharadze** Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge
- David Japaridze** Department of Energy and Telecommunications, Akaki Tsereteli State University, 98 Youth str., 4600 Kutaisi, Georgia
E-mail: atojaparidze1995@gmail.com

Reviewers:

- M. Rukhvadze**, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU
E-mail: misharuch@gmail.com
- P. Akhaladze**, Associate Professor, Faculty of Technical Engineering, ATSU
E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

Abstract. In a backbone network ($U_n \geq 220 \text{ kv}$), when the high-voltage lines are loaded with power less than natural power, we have excess reactive power. Supplying this power into the lower-voltage networks ($U_n \leq 110 \text{ kv}$) would be technically and economically unfeasible and requires compensation on site. In the article, in accordance with the electricity quality criterion, and taking into account the principle of a systemic approach, and using the self- and mutually reactive impedances of the network junction points, a mathematical model for selecting a compensating device in a backbone network is adopted.

The quality criterion of electricity involves enforcement of requirements for the operating voltages in the junction points of a backbone network. According to the obtained mathematical model, in the junction points nodes where the operating voltages exceed their permitted values, there will be installed the compensating devices for receiving excess reactive power. However if any junction point has a high reactive load and the voltage, in this context, is below its permitted value, then, according to a model, there is a need for installing the source of reactive power in this junction point. Herewith, according to economic criterion, the model envisages the optimal redistribution of mentioned source of reactive power between the junction points of a distribution network connected to backbone network junction point.

Key words: Additional reactive power source; backbone network; compensating device; distribution network; operating voltage; self- and mutually reactive impedances.

UDC 621.3.026.5

SCOPUS CODE 2101

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-105-112>

Критерии выбора дополнительного источника реактивной мощности в системообразующей сети и математическая модель

Гурам Махарадзе департамент электроэнергетики и электромеханики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: guram.makharadze@gse.com.ge

Давид Джапаридзе департамент энергетики и телекоммуникации, Государственный университет им. Акакия Церетели, Грузия, 4600, Кутаиси, ул. Молодежи, 98
E-mail: atojaparidze1995@gmail.com

Рецензенты:

М. Рухвадзе, профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: misharuch@gmail.com

Ф. Ахаладзе, ассоциированный профессор инженерно-технического факультета ГУАЦ
E-mail: pridon.akhaladze@atsu.edu.ge

Аннотация. В системообразующей сети ($U_n \geq 220$ кв), при загрузке линий сверхвысокого напряжения меньшей натуральной, имеется избыток реактивной мощности. Переток этой мощности в сети низкого напряжения ($U_n \leq 110$ кв), технико-экономически нецелесообразно и требуется ее компенсация. В статье по критерию качества электроэнергии, с учетом принципа системного подхода и с применением собственных и взаимно реактивных сопротивлений узлов, получена математическая модель выбора компенсирующих устройств в системообразующей сети.

Указанный в статье критерий качества электроэнергии подразумевает обеспечению узловых напряжений в пределах допустимого. Согласно полученной математической модели, в узлах системообразующей сети, где рабочие напряжения превышают допустимое значение, будут установлены приемники избыточной реактивной мощности. Однако, в узле, где имеется большая реактивная нагрузка и, в связи с этим, рабочее напряжение ниже допустимого, требуется установка дополнительного источника реактивной мощности (ИРМ). При этом, по критерию экономичности, модель предусматривает оптимальное перераспределение источника реактивной мощности между узлами региональной сети, подключенной к узлу системообразующей сети.

Ключевые слова: дополнительный источник реактивной мощности (ИРМ); компенсирующие устройства; рабочее напряжение; распределительная сеть; системообразующая сеть; собственное и взаимное сопротивление.

განხილვის თარიღი 06.07.2020

შემოსვლის თარიღი 13.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 551.49

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-113-121>

მდინარის ჩამონადენის განსაზღვრა ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში მდ. მტკვრის ჰესების კასკადის მაგალითზე

- ხატია ჩოხელი** ჰიდროტექნიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: Khatia.chokheli@gmail.com
- გრიგოლ ხელიძე** ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: giakhelidze@yahoo.com
- თეიმურაზ არშბა** საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მრჩეველი
E-mail: t.arshba@gnerc.org

რეცენზენტები:

რ. დიაკონიძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: r.diakonidze@gtu.ge

ვ. ტრაპაიძე, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, ტექნიკის დოქტორი

E-mail: vazha.trapaidze@tsu.ge

ანოტაცია. ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების წყალაღების გასწორში მოდინებული წყლის ხარჯის განსაზღვრას ვახდენთ ჰიდროლოგიური მონაცემების დეფიციტის პირობებში. მაგალითის სახით მოვიყვანოთ მდ. მტკვრის კასკადის ჰესების (ჩითახევქესი, ზაჰესი, ორთაჭალჰესი) წყალაღების კვეთებში წყლის ხარჯის გაანგარიშება ჰიდროლოგიური საგუშაგოების – „ლიკანისა“ და „თბილისის“ მო-

ნაცემების გამოთვლით, გადამყვანი კოეფიციენტების მეშვეობით, რომლებიც მიიღება წყალშემკრები აუზების ფართობების ფარდობით.

ჩითახევქესის, ზაჰესისა და ორთაჭალჰესის წყალაღების კვეთებში მიღებულია საშუალო თვიური და წლიური წყლის ხარჯის უწყვეტი მონაცემები, ნაცვლად არასრული ჰიდროლოგიური მონაცემებისა. გარდა ამისა, ზაჰესისა და ორთაჭალჰესის წყალაღების კვეთებში წყლის ხარჯის გაანგარიშებისას გათ-

ვალისწინებულია ჟინვალჰესის წყალსაცავის ზემოქმედება და დადგენილია მისი გავლენა მდ. მტკვრის ბუნებრივ ჩამონადენზე. გაანგარიშებების შედეგები აჩვენებს, რომ ჟინვალჰესის წყალსაცავის ექსპლუატაციის პერიოდიდან, მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი ზაჰესისა და ორთაჭალჰესის კვეთებში 10 %-ით შემცირდა.

გაანგარიშების საფუძველზე მიღებული შედეგების გამოყენებით შესაძლებელია მდ. მტკვრის ჩითახევჰეს-ორთაჭალჰესის უბანზე არსებული და პერსპექტიული ჰესების საანგარიშო წყლის ხარჯის განსაზღვრა და საპროექტო ენერგეტიკული პარამეტრების დაზუსტება, რაც მნიშვნელოვანია ამ ჰესების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვისათვის მდ.მტკვრის სხვადასხვა წყლიანობის პერიოდში.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროენერჯიის გამოუმუშავება; მდინარის ჩამონადენი; ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება; წყლის ხარჯი; ჰესი; ჰიდრომეტრიული საგუშაგო.

შესავალი

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების წყალსატევი და წყალსატარი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მათი დაპროექტების, მშენებლობის, რეკონსტრუქციის, ექსპლუატაციისა და დემონტაჟის ეტაპებზე, ასევე წყალდიდობის წინა პერიოდში განსახორციელებელი ჰიდროკვანძის ნაგებობებისა და მოწყობილობების მოსამზადებელი სამუშაოების დასაგეგმად, ელექტროენერჯიის გამომუშავების პროგნოზირებისთვის,

წყლის რესურსების ეფექტური მართვისათვის პრაქტიკული ინტერესის საგანია შემოდინებული წყლის ხარჯის დადგენა სათავო ნაგებობების კვეთში.

გასული საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისიდან საქართველოში ჰიდრომეტრიული საგუშაგოების (ჰ/ს) რიცხვი საგრძნობლად შემცირდა, ამიტომ მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმების შესწავლის შესაძლებლობაც მნიშვნელოვნად შეიზღუდა. ამ მიზეზით ამჟამად არ არსებობს მონაცემები მდ. მტკვრის კასკადის ჰესების (ჩითახევჰესი, ზაჰესი, ორთაჭალჰესი) სათავო ნაგებობათა კვეთში მოდინებული წყლის ხარჯის შესახებ, რაც შეუძლებელს ხდის ხსენებული ჰესების შესაძლო გამომუშავების პროგნოზირებას.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მოდინებული წყლის ხარჯის განსაზღვრისთვის შესაძლებელია ჰესის სათავო ნაგებობის უახლოეს მოქმედ ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე დაკვირვებული მონაცემების გამოყენება. მდ. მტკვრის კასკადის ჰესების (ჩითახევჰესი, ზაჰესი, ორთაჭალჰესი) მოდინებული წყლის ხარჯის დასადგენად გამოვიყენეთ მდ. მტკვარზე არსებული მოქმედი ჰ/ს „ლიკანისა“ და „თბილისის“ ჰიდროლოგიური მონაცემები. ამასთან, ზაჰესისა და ორთაჭალჰესისათვის გათვალისწინებულია მდ. ვერესა და მდ. არაგვის ჩამონადენი, ჟინვალჰესის წყალსაცავის გავლენის მხედველობაში მიღებით.

ძირითადი ნაწილი

ორთაჭალჰესისა და ზაჰესისათვის უახლოესი მოქმედი ჰიდრომეტრიული საგუშაგო მდ. მტკვარზე არის ჰ/ს „თბილისი“, რომლის ნიშნული $\nabla 390.80$ მია, მდ.მტკვრის წყალშემკრები აუზის ფართობი ამ გასწორში – $F=21120.0$ კმ² [1]. საანგარიშოდ აღებუ-

ლია მოქმედი ჰ/ს „თბილისის“ 51-წლიანი (1933–1984 წწ.) დაკვირვების პერიოდის მონაცემები [2, 3, 4], რომელთა სტატისტიკური დამუშავებით–მომენტთა მეთოდით [6, 9] მიღებული საშუალო თვიური წყლის ხარჯი, მდ. ვერეს ჩამონადენის გათვალისწინების გარეშე, მოყვანილია 1-ელ ცხრილის პირველ სტრიქონში. მდ. ვერე მდ. მტკვარს ერთვის ჰ/ს „თბილისის“ ქვემოთ, ჩამონადენის ნორმით 1.22 მ³/წმ [1], რომელიც გათვალისწინებულია მდ. მტკვრის წლიურ ხარჯზე 1.22 მ³/წმ-ის დამატებით წლიური ხარჯის პროპორციულად, შემდგომი შიგაწლიური განაწილებით. 1-ელ ცხრილის მეორე სტრიქონში მოცემულია მდ. მტკვრის წყლის ხარჯი ჰ/ს „თბილისის“ მონაცემებისა და მდ. ვერეს ჩამონადენის ერთობლივად გათვალისწინებით.

ზაჰესის წყალაღების კვეთში ჰიდროლოგიური მონაცემები განსაზღვრულია ჰ/ს „თბილისის“ მონაცემების გამრავლებით კოეფიციენტზე, რომელიც მიიღება ზაჰესის კვეთში მდ.მტკვრის წყალშემკრები აუზის ფართობის ($F=20800.0\text{კმ}^2$) შეფარდებით „თბილისის“ კვეთში წყალშემკრები აუზის ფართობთან ($F=21120.0\text{კმ}^2$):

$$K = F_{\text{მტკვარი}} / F_{\text{ჰ/ს თბილისი}} = 20800/21120 = 0.985.$$

აღსანიშნავია, რომ 1-ელ ცხრილის მესამე სტრიქონში მოცემული ზაჰესის წყალაღების კვეთისათვის დადგენილი წყლის ხარჯი არ ითვალისწინებს ჟინვალჰესის გავლენას მდ. მტკვრის წყლიანობის რეჟიმზე. ცნობილია, რომ ჟინვალჰესი ექსპლუატაციაში შევიდა 1985 წელს. შესაბამისად, მითითებული ზაჰესის ჰიდროლოგია (1933–1984 წწ.) ითვალისწინებს მდ. არაგვის ბუნებრივ მოდინებას, ჟინ-

ვალის წყალსაცავის რეგულირების გარეშე. აღნიშნული ფაქტორის გათვალისწინებით, ზაჰესის ჰიდროლოგიურ მონაცემებს უნდა გამოაკლდეს მდ. არაგვის ბუნებრივი მოდინება და დაემატოს ჟინვალის წყალსაცავში გადამუშავებული წყლის ხარჯი. 1-ლი ცხრილის მეოთხე სტრიქონში წარმოდგენილია მდ. არაგვის ბუნებრივი მოდინება ჟინვალჰესის წყალსაცავში [1, 2, 3, 4] ხოლო მეხუთე სტრიქონში – ზაჰესის ჰიდროლოგიური მონაცემები მდ. არაგვის ბუნებრივი მოდინების გარეშე, მეექვსე სტრიქონში – ჟინვალჰესში გამომუშავებული წყლის ხარჯი [5]. ჟინვალჰესის წყალსაცავის რეგულირების პროცესში გათვალისწინებულია თბილისის ზღვაში გადინებული წყლის ხარჯის ფაქტობრივი სიდიდე 12.0 მ³/წმ [5]. 1-ლი ცხრილის მეშვიდე სტრიქონში მოცემულია ზაჰესის ჰიდროლოგიური მონაცემები ჟინვალჰესის მუშაობის გათვალისწინებით.

მომენტების მეთოდით [6], [9] დამუშავებული, რეპრეზენტატული საწყისი ჰიდროლოგიური მონაცემების მიხედვით მიღებული 1-ლი ცხრილის მესამე და მეშვიდე სტრიქონების შესაბამისი წყლის ხარჯის შედარება აჩვენებს, რომ ჟინვალჰესის გავლენით ზაჰესის კვეთში მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი შემცირებულია. ზაჰესის კვეთში მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი მდ. არაგვის ბუნებრივი მოდინების პირობებში $Q=203\text{ მ}^3/\text{წმ}$ შეადგენდა, ხოლო არსებული მდგომარეობით ზაჰესის კვეთში მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი, ჟინვალჰესის მუშაობის გათვალისწინებით, შემცირდა 21.0 მ³/წმ -ით და ფაქტობრივად $Q = 182\text{ მ}^3/\text{წმ}$ შეადგენს.

ცხრილი 1

სტრუქციონი	დასახელება	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშ.
1	მდ.მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯები, მდ.ვერეს ჩამონადენის გათვალისწინების გარეშე ჰ/ს „თბილისის“ მიხედვით, მ/წმ	84.4	95.0	162	476	563	347	182	109	100	116	121	103	204.7
2	მდ.მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ჰ/ს „თბილისის“ კვეთში მდ.ვერეს ჩამონადენის გათვალისწინებით, მ/წმ	84.9	95.5	163	479	566	349	183	110	101	117	121	103	205.9
3	მდ. მტკვრის საშუალო წლიური წყლის ხარჯი ზაპტის კვეთში მდ.არაგვის ბუნებრივი მოდიტებისას, მ/წმ	83.6	94.1	160	471	558	344	180	108	99.3	115	120	102	202.9
4	მდ.არაგვის ბუნებრივი მოდიტება ჟინვალჰესის წყალსაცავში, მ/წმ	17.6	18.4	27.1	67	98.4	91.4	64.7	43.7	35.3	30.8	26.7	20.8	45.2
5	მდ. მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ზაპტის კვეთში მდ.არაგვის ბუნებრივი მოდიტების გარეშე, მ/წმ	66.0	75.7	133	404	459	252	115	64.3	64	84.4	92.9	80.8	158
6	ჟინვალჰესში გადამუმუშავებული წყლის ხარჯი, მ/წმ	11.1	11.3	12.3	30.4	55.2	59.4	37.9	20.6	15.8	12.5	13.3	11.3	24.2
7	მდ. მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ზაპტის კვეთში ჟინვალჰესის მუშაობისას, მ/წმ	77.1	86.9	145	435	514	312	153	84.9	79.8	96.9	106	92.1	182
8	მდ. მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ორთაგალჰესის კვეთში ჟინვალჰესის მუშაობისას, მ/წმ	78.3	88.7	148	441	522	317	156	86.2	81	98.4	108	93.5	185
9	მდ.მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი, ჰ/ს „ლივანის“ მიხედვით, მ/წმ	36.2	37.2	54.9	205	269	127	58.3	41.8	38.1	42.6	45.5	37.7	82.8
10	მდ.მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ჩიათაბეჭვების კვეთში, მ/წმ	34.7	35.6	52.6	197	258	121	55.9	40	36.5	40.8	43.6	36.1	79.3

ორთაქალაქის წყლის ხარჯი ჟინვალაქის გათვალისწინებით განსაზღვრულია ზაქსის წყლის ხარჯის (1-ლი ცხრილის მეშვიდე სტრიქონი) გამრავლებით კოეფიციენტზე, რომელიც მიიღება ორთაქალაქის წყალშემკრები აუზის ფართობის ($F=21120.0$ კმ²) შეფარდებით ზაქსის წყალშემკრები აუზის ფართობთან ($F=20800.0$ კმ²), $K=F_{\text{ორთაქალაქი}}/F_{\text{ზაქსი}}=21120.0/20800.0=1.0154$. ჰ/ს „თბილისი“ უშუალო სიახლოვის გამო ორთაქალაქსთან, უკანასკნელის აუზის ფართობი მიღებულია ჰ/ს „თბილისის“ წყალშემკრები აუზის ტოლად. 1-ლი ცხრილის მერვე სტრიქონში მოცემულია ორთაქალაქის საშუალო თვიური და საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები ჟინვალაქის მუშაობის გათვალისწინებით.

ანალოგიურად განისაზღვრა ჩითახევკის ჰიდროლოგიური მონაცემები. ანგარიშებში გამოყენებულია ახლომდებარე მოქმედი ჰ/ს „ლიკანის“ მონაცემები [1], [2], [3] [4].

ჩითახევკის ნორმალური შეტბორვის ნიშნულისთვის 869.0 მ განსაზღვრულია შესაბამისი წყალშემკრები აუზის ფართობი 10100.0 კმ². ჰ/ს „ლიკანის“ მონაცემების გამოსათვლელად ჩითახევკის წყალაღების კვეთში გამოყენებულია კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრა შესაბამისი წყალშემკრები აუზების ფართობების შეფარდებით $K=10100/10540=0.958$. ჰ/ს „ლიკანის“ დაკვირვებული და ჩითახევკის წყალაღების კვეთისათვის გამოთვლილი მდ.მტკვრის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის ჰიდროლოგიური რიგების მომენტების მეთოდით დამუშავების შედეგები შესაბამისად მოცემულია 1-ლი ცხრილის მეცხრე და მეთათე სტრიქონში.

შედეგად, წარმოდგენილი მეთოდის გამოყენებით არასრული ჰიდროლოგიური მონაცემების ნაცვ-

ლად, მოქმედი ჰიდროლოგიური საგუშაგოს მონაცემებზე დაყრდნობით, ჩითახევკის წყალაღების კვეთში მივიღეთ წყლის ხარჯის უწყვეტი, რეპრეზენტატული ჰიდროლოგიური რიგი, რომლის მიხედვით განისაზღვრა საშუალო თვიური და საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯები.

საანგარიშო უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯის შიგაწლიური განაწილება ჩითახევკის, ზაქსის, ორთაქალაქის სათავო ნაგებობების კვეთებში განსაზღვრულია ზაქსის (ცხრილი2), ორთაქალაქისა (ცხრილი 3) და ჩითახევკის (ცხრილი 4) საშუალო თვიური წყლის ხარჯის კლებადი რიგიდან ამოკრეფილი საანგარიშო უზრუნველყოფის შესაბამისი საშუალო თვიური წყლის ხარჯის სინქრონულად. შემოთავაზებული გაანგარიშების მიხედვით დადგენილია სხვადასხვა უზრუნველყოფის (10%-უხვწყლიანი, 50%-საშუალოწყლიანი, 90%-წყალმცირე) ფაქტობრივი საშუალო თვიური წყლის ხარჯი ჩითახევკის, ზაქსისა და ორთაქალაქისათვის. გაანგარიშების შედეგად მიღებული მონაცემებით, კერძოდ კი საშუალოწყლიანი (50%) ჰიდროლოგიური მონაცემების გამოყენებით, დაზუსტდა ზაქსისა და ორთაქალაქის საშუალო მრავალწლიური გამომუშავება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ჟინვალაქის გავლენით ზაქსისა და ორთაქალაქის კვეთებში მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი შემცირებულია საშუალოდ 10%-ით, რაც ნიშავს, რომ შემცირდა აღნიშნული ჰესების საშუალო მრავალწლიური გამომუშავება. თუ ზაქსის საპროექტო გამომუშავება ჟინვალაქის ექსპლუატაციაში შესვლამდე 203.0 მლნ კვტ.სთ შეადგენდა, ხოლო ორთაქალაქის საპროექტო გამომუშავება – 90.0 მლნ კვტ.სთ, ჩვენ მიერ მიღე-

ბული განახლებული ჰიდროლოგიური მონაცემების ცირდა და 156.0 მლნ კვტ.სთ შეადგენს, 203.0 მლნ საფუძველზე, ჰესის საანგარიშო და ეკოლოგიური კვტ.სთ-ის ნაცვლად. ორთაჭალქესის საშუალომრავლის ხარჯის (19.0 მ³/წმ) გათვალისწინებით, ვაწლიური გამომუშავება 88.2 მლნ კვტ.სთ შეადგენს, ზაჰესის საშუალო მრავალწლიური გამომუშავება შემ- 90.0 მლნ კვტ.სთ -ის ნაცვლად.

მდ. მტკვრის ჰესების კასკადის სხვადასხვა უზრუნველყოფის საშუალო თვიური წყლის ხარჯი, მ³/წმ

ცხრილი 2

ჩითახევქესი

წელი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო
უხვეწელიანი, 10%	41.1	42.9	73.5	288	348	167	86.9	48.3	44.8	49.6	61.5	43.0	108
საშუალოწელიანი, 50%	33.4	33.6	46.5	190	255	117	52.1	35.5	33.7	37.0	37.6	35.1	75.5
მცირეწელიანი, 90%	30.3	30.2	34.4	113	155	52.9	36.0	27.1	28.0	29.6	31.6	30.8	49.9

ცხრილი 3

ზაჰესი

წელი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო
უხვეწელიანი, 10%	99.6	144	212	635	673	462	247	128	119	137	160	129	262
საშუალოწელიანი, 50%	72.4	81.0	139	414	506	323	127	68.7	72.1	88.9	96.4	87.6	173
მცირეწელიანი, 90%	58.3	56.6	99.2	224	321	148	61.6	40.6	44.5	58.6	64.2	58.8	103

ცხრილი 4

ორთაჭალქესი

წელი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო
უხვეწელიანი, 10%	101	146	215	645	684	469	251	130	121	139	162	131	266
საშუალოწელიანი, 50%	73.6	82.3	140.8	420	513	328	129	69.8	73.2	90.2	97.9	88.9	176
მცირეწელიანი, 90%	59.2	57.4	100.8	228	326	150	62.5	41.2	45.1	59.5	65.2	59.7	105

ამრიგად, მე-2-4 ცხრილებში მოცემული შედეგებით შესაძლებელია მდ. მტკვრის ჩითახევქეს-ორთაჭალქესის უბანზე არსებული და პერსპექტიული ჰესების საანგარიშო წყლის ხარჯის განსაზღვრა და არსებული ჰესების საპროექტო ენერგეტიკული პარამეტრების დაზუსტება, რაც მნიშვნელოვანია ამ ჰესების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობის რეჟიმების

დაგეგმვისათვის მდ.მტკვრის სხვადასხვა წელიანობის პერიოდში.

დასკვნა

ჩატარებული გაანგარიშებებით დადგინდა, რომ ჟინვალქესის გავლენით და ეკოლოგიური წყალგამწვანების გათვალისწინებით, ზაჰესისა და ორთა-

ჭალჭესის კვეთებში მდ. მტკვრის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯი შემცირდა საშუალოდ 10%-ით, ხოლო აღნიშნული ჰესების საშუალო მრავალწლიური გამომუშავება – შესაბამისად 23% და 9%-ით. ჩითახევეკეს-ორთაჭალჭესის უბანზე მდ. მტკვრის წყლის ხარჯის მიღებული მნიშვნელობებით შესაძლებელია არსებული ჰესების ფაქტობრივი და პერსპექტიული ჰესების საპროგნოზო ენერგეტიკული პარამეტრების განსაზღვრა, რაც მნიშვნელოვანია ამ ჰესების ეფექტური და უსაფრთხო მუშაობის რეჟიმების დაგეგმვისათვის მდ.მტკვრის სხვადასხვა წელიწადის პერიოდში.

ლიტერატურა

1. Svanidze G. G. Renewable energy of Georgia. Leningrad: “Hydrometeoizdat”. 1987. (In Russian).
2. State water cadastre. Main hydrological characteristics. Vol. 9. Leningrad: “Hydrometeoizdat”. 1967, 1978. (In Russian).
3. Long-term data on the regime land surface water resources. Vol. 6. Leningrad: “Gidrometeoizdat”. 1987. (In Russian).
4. Annual data on the regime land surface water resources. Vol. 6. Leningrad: “Gidrometeoizdat”. 1987. (In Russian).
5. Multi-year water energy calculations. Hydro project. 1984-1986. (In Russian).
6. Luchsheva A.A. Practical hydrometry. Leningrad: “Hydrometeoizdat”. 1983. (In Russian).
7. Hydrological practice guide. Volume I. Hydrology – from measurement to hydrological information. WMO-No. 168. Sixth edition. 2008. (In Russian).
8. Ioradishvili I., Iordanishvili K. Issues of eco evolution of Georgian mountain reservoirs. Tb.: “Universal”. 2012. (In Russian).
9. Kereselidze D., Trapaidze V., Bregvadze G. Methods for determining hydrological characteristics. Tbilisi. 2009. (In Georgian).
10. Sikan A.V. Methods of statistical processing of hydrometeorological information. 2nd edition. 2007. (In Russian).
11. Chebotarev A.I. General hydrology (land water). Leningrad: “Hydrometeoizdat”. 1975. (In Russian).

UDC 551.49

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-113-121>

Determination of river flow under the conditions of lack of hydrological data on the example of hydroelectric power chain on the river Mtkvari

- Khatia Chokheli** Department of Hydroelectricity and Main Pipeline, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: Khatia.chokheli@gmail.com
- Grigol Khelidze** Department of Hydroelectricity and Main Pipeline, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: giakhelidze@yahoo.com
- Teimuraz Arshba** Advisor, Georgian National Energy and Water Supply Regulatory Commission, 19 Mitskevichi str., 0194 Tbilisi, Georgia
E-mail: t.arshba@gnerc.org

Reviewers:

R. Diakonidze, Professor, Faculty of Civil Engineering, GTU

E-mail: r.diakonidze@gtu.ge

V. Trapaidze, Doctor of Technical Science, Associate Professor, Faculty of Exact and Natural Science, TSU

E-mail: vazha.trapaidze@tsu.ge

Abstract. The article discusses a method for determining water discharge at intake points under the conditions of lack of hydrological data. As an example is given the calculation of the river flow at intake points of the hydroelectric power chain cascade on the river Mtkvari (Chitakhevi HPP, ZAHPP, Ortachala HPP). The data taken from the hydrological stations of „Likani” and „Tbilisi” are multiplied by the adaptation coefficient, which is obtained by dividing catchment areas of Chitakhevi HPP ZAHPP and Ortachala HPP.

The method allows to receive continuous average monthly and annual water discharge at the intake points of Chitakhevi HPP, ZAHPP, Ortachala HPP, instead of incomplete hydrological data.

Additionally, the impact of Zhinvali reservoir is taken into account in the calculation of river flow at intake points of the ZAHPP and Ortachala HPP. Also its effect on natural water inflow of river Mtkvari is established. The calculation results show that since of the operation of Zhinvali HPP the average annual water inflow of the river Mtkvari is decreased by 10% at the intake points of the ZAHPP and Ortachala HPP.

Using the calculation results it is possible to determine the river flow for existing and planned HPPs on the section of Chitakhevi-Ortachala. The method also helps to determine the design parameters of these HPPs more accurately that is important for effective and safe operation of HPPs on the river Mtkvari during different levels of water flow.

Key words: Electricity production; HPP; hydrometric station; interior distribution of river flow; river flow; water discharge

UDC 551.49

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-113-121>

Определение стока реки в условиях дефицита гидрологических данных на примере каскада ГЭС на р. Мтквари (р. Кура)

Хатия Чохели	Департамент гидроэнергетики и магистральных трубопроводных систем, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: Khatia.chokheli@gmail.com
Григол Хелидзе	Департамент гидроэнергетики и магистральных трубопроводных систем, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: giakhelidze@yahoo.com
Теймураз Аршба	советник Национальной комиссии по регулированию энергетики и водоснабжения Грузии E-mail: t.arshba@gnerc.org

Рецензенты:

Р. Диаконидзе, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: r.diakonidze@gtu.ge

В. Трапаидзе, ассоциированный профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета им. Ивана Джавахишвили, доктор технических наук

E-mail: vazha.trapaidze@tsu.ge

Аннотация. Определение расхода воды в водозаборном створе гидрологических объектов в условиях дефицита гидрологических данных. В качестве примера приведен расчет расхода воды в водозаборных створах каскада ГЭС на р. Мтквари (р. Кура) (Читахеви ГЭС, ЗаГЭС, Ортачальская ГЭС), при пересчете данных гидрологических постов «Ликани» и «Тбилиси» с помощью переводных коэффициентов, полученных отношением площадей водосборных бассейнов.

В водозаборных створах Читахеви ГЭС, ЗаГЭС, Ортачальской ГЭС получены непрерывные данные среднемесячного и годового расходов воды, вместо неполных гидрологических данных. Кроме этого, при расчете расходов воды в водозаборных створах ЗаГЭС и Ортачальской ГЭС учитывается воздействие Жинвальского водохранилища и установлено его влияние на естественный сток р. Мтквари (р. Кура).

Результаты расчетов показывают, что с начала эксплуатации водохранилища Жинвали, среднегого-летний расход воды р. Мтквари (р. Куры) в створах ЗаГЭС и Ортачальской ГЭС уменьшился на 10%-ов.

При использовании результатов расчета возможно определение расчетных расходов воды существующих и перспективных ГЭС на участке Читахеви – Ортачала и уточнение проектных энергетических параметров, что важно для планирования режимов, обеспечивающих надежную и эффективную работу ГЭС в периодах разной водности р. Мтквари (р. Куры).

Ключевые слова: внутреннее распределение речного стока; водомерный пост; выработка ГЭС; гидрологическая станция; гидроэлектростанция, ГЭС; расход воды; речной сток; речной приток; сток воды; производство электроэнергии.

განხილვის თარიღი 03.07.2020

შემოსვლის თარიღი 15.07.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 623.93

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-122-130>

სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების როლი ტოტალურ თავდაცვაში

ირაკლი ბუიშვილი სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

რეცენზენტები:

ე. მეძმარიაშვილი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი, გენერალ-მაიორი

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

თ. შუბლაძე, ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორი, გენერალ-მაიორი

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

ანოტაცია. რეგიონში არსებული გეოპოლიტიკური მოვლენების ფონზე მნიშვნელოვანია საქართველოს დღევანდელი მდგომარეობა, ასევე 2008 წლის აგვისტოს ომის შემდგომ ოკუპირებულ რეგიონებში მოწინააღმდეგის მოქმედებები და დღევანდელი საფრთხეებისა და გამოწვევების ფონზე „ტოტალური თავდაცვის“ აუცილებლობა. სტატიაში ტოტალური თავდაცვის კომპონენტები წარმოდგენილია სქემის სახით. ტოტალური თავდაცვის ქართული მოდელი უნდა შედგებოდეს სამხედრო, სამოქალაქო და ინსტიტუციური თავდაცვის კომპონენტებისგან, რომლებიც დამოკიდებულია ეკონომიკურ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებზე.

ძირითადი ყურადღება გამახვილებულია სამხედრო თავდაცვის კომპონენტზე და მასში სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების როლზე.

სამხედრო თავდაცვის კომპონენტების განხილვისას ხაზგასმულია საქართველოს ტერიტორიების მომზადების პრიორიტეტები, სამხედრო და სამოქალაქო დანიშნულების ნაგებობების მომზადების აუცილებლობა, ასევე პირადი შემადგენლობისა და რეზერვის მომზადება.

საკვანძო სიტყვები: მომზადება ომისათვის; სამოქალაქო თავდაცვა; სამხედრო თავდაცვა; ტოტალური თავდაცვა; ჰიბრიდული ომი.

შესავალი

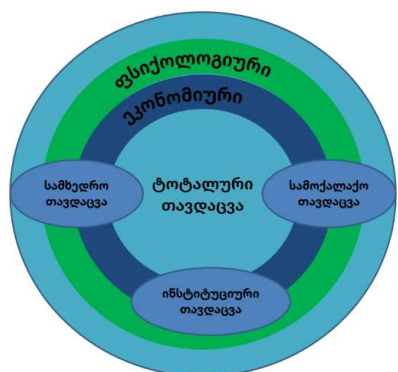
„ჯარი არ არის საკმარისი ქვეყნის დასაცავად,
მაგრამ თუ ქვეყანას ერი იცავს,
მაშინ ის უძლეველია“.
ნაპოლეონ ბონაპარტი

საქართველო ისტორიულად განსაკუთრებული გეოგრაფიული და გეოპოლიტიკური მდებარეობით გამოირჩევა და ამჟამად რეგიონში მიმდინარე რთული სამხედრო პოლიტიკური და გეოპოლიტიკური პროცესების ფონზე მნიშვნელოვანი საფრთხეებისა და გამოწვევების წინაშე დგას. 2008 წლის აგვისტოს სამხედრო აგრესიამ, რის შემდეგაც რუსეთის ფედერაციამ ოკუპირებულ ტერიტორიებზე განლაგა სამხედრო ინფრასტრუქტურა და შეიარაღება, მნიშვნელოვნად გააუარესა ქვეყნის უსაფრთხოება. რუსეთის ფედერაციის სამხედრო ნაწილებმა დაიკავა სტრატეგიული ადგილები ოკუპირებულ რეგიონებში, სადაც სისტემატურად ატარებენ სამხედრო წვრთნებს. მოწინააღმდეგე ასევე აქტიურად იყენებს „ჰიბრიდული ომის“¹ მეთოდებს, მათ შორის არის მუდმივი მცოცავი ოკუპაცია, გატაცება და, ზოგიერთ შემთხვევაში, ხალხის ლიკვიდაცია, მუდმივად მიმდინარეობს ინფორმაციული და ფსიქოლოგიური ოპერაციები. იმისათვის, რომ ქვეყანამ თავი გაართვას აგრესიას და ამ გამოწვევებს, საქართველოს თავდაცვის დაგეგმარება და-

ფუნქციონირება უნდა იყოს „ტოტალური თავდაცვის“² პრინციპებზე.

ძირითადი ნაწილი

ტოტალური თავდაცვა. დღეს მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის თავდაცვა დაფუნქციონირებულია ტოტალური თავდაცვის პრინციპზე. მათი ზოგიერთი ელემენტი ერთმანეთისგან განსხვავდება, მაგრამ იდეა და ფუნდამენტი ერთი აქვთ. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საქართველომ რომ თავი გაართვას არსებულ საფრთხეებს და გამოწვევებს, ქვეყნის თავისებურებების და გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით, ტოტალური თავდაცვის სქემა უნდა მოიცავდეს სამხედრო, სამოქალაქო და ინსტიტუციური თავდაცვის ელემენტებს, რომლებიც დამოკიდებული იქნება ეკონომიკურ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებზე.



სურ. 1. ტოტალური თავდაცვის კომპონენტები

¹ ჰიბრიდული საფრთხეებია, როდესაც მოწინააღმდეგე ერთდროულად იყენებს კონვენციურ იარაღს, არალეგალური ტაქტიკის, ტერორიზმისა და კრიმინალური ქცევის შესაბამის კომბინაციას და საომარი მოქმედებების სივრცეს საკუთარი პოლიტიკური მიზნების მისაღწევად.

Hoffman F.G On Not-So-New warfare: Political Warfare vs Hybrid threats, 2014

² საქართველოს თავდაცვისა და უსაფრთხოების კონფერენციის დროს საქართველოში შევდეთის ელჩის, **ულრიკ ტიდესტრომის** განცხადებით ტოტალური თავდაცვა არის მზადება ომისათვის, რომელიც სამხედრო და სამოქალაქო ასპექტებს აერთიანებს.

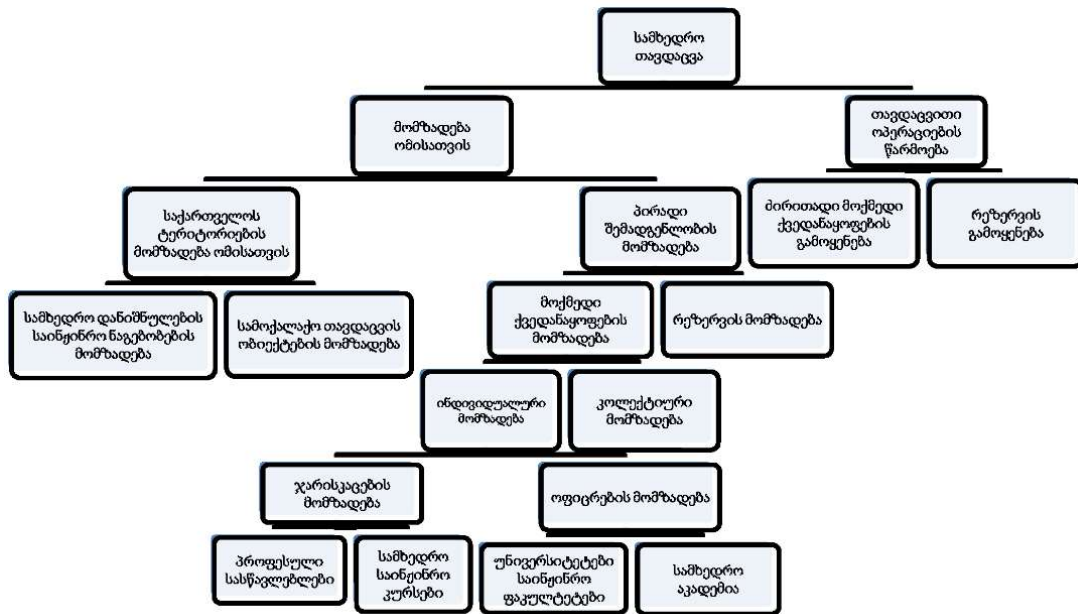
სამხედრო თავდაცვა. სამხედრო თავდაცვა ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია ტოტალური თავდაცვის მოდელში, მაგრამ არა ერთადერთი თავდაცვის ძალები პირველები ერთვებიან ბრძოლაში აგრესიის წინაარმდეგ და უშუალოდ მონაწილეობენ საბრძოლო მოქმედებებში. იმისათვის, რომ სამხედროებმა წარმატებულად გაართვან თავი დასახულ ამოცანებს და შეასრულონ მათი უშუალო მოვალეობა ქვეყნის წინაშე, აუცილებელია წინასწარ განისაზღვროს ქვეყნის წინაშე არსებული ყველა სავარაუდო საფრთხე და გამოწვევა, ასევე თავდაცვის ძალების ამოცანა და მისი აღმშენებლობა/განვითარება მოხდეს ეტაპობრივად პრიორიტეტების მიხედვით ყველა შესაძლო საფრთხის საპასუხოდ.

სამხედრო თავდაცვა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, არის მნიშვნელოვანი კომპონენტი და მოიცავს მრავალმხრივ ფართო ცნებებს სამხედრო ორგანი-

ზაციის ყველა სფეროში. შედეგადად სხვადასხვა კომპონენტისგან, რომელიც ერთიანობაში ქმნის ძლიერ სამხედრო ძალას და თითოეული კომპონენტი გარკვეულწილად უთიერთდამოკიდებულებაშია ტოტალური თავდაცვის სხვა ელემენტებთან და მოითხოვს მათ ეტაპობრივ ჩართულობას.

საინჟინრო მეცნიერება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სამხედრო თავდაცვის სფეროში. მისი სწორად დაგეგმვა და ჩართულობა ტოტალური თავდაცვის სქემაში გაზრდის ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობას და გააძლიერებს სამოქალაქო თავდაცვას.

საინჟინრო და სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერება ტოტალურ თავდაცვაში. მე-2 სურ-ზე გამოსახულია სამხედრო თავდაცვის კომპონენტები, რომელიც აუცილებელია ძლიერი სამხედრო თავდაცვის შესაქმნელად.



სურ. 2. სამხედრო თავდაცვა

მზადება ომისათვის გულისხმობს ქვეყნის სამხედრო შესაძლებლობებისა და რესურსების მომზადებას, იწყება საბრძოლო მოქმედებამდე დიდი ხნით ადრე და უწყვეტი პროცესია ქვეყნის განვითარების ყველა ეტაპზე, ასევე ტერიტორიის, პირადი შემადგენლობის მომზადებას და აღჭურვას. ქვეყნის ტერიტორიების მომზადება ომისათვის ხანგრძლივი პროცესია, სადაც გასათვალისწინებელია ქვეყნის რესურსის ერთიან სისტემაში მოქცევა და ინსტიტუციური თანამშრომლობა.

საქართველოს ტერიტორიების ომისათვის მომზადების პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფები. სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფების ერთ-ერთი ძირითადი ფუნქციაა ბრძოლისათვის მომზადება, საბრძოლო მოქმედებების დროს, საოპერაციო თეატრის ყველა მონაკვეთზე – როგორც ფრონტის ხაზზე, ისე ზურგში.

ქვეყნის ტერიტორიების საინჟინრო მომზადება ომისათვის. აქ ერთ-ერთი ძირითადი ფუნქცია არის საინჟინრო მომზადება როგორც სამხედრო, ისე სამხედრო-სამოქალაქო, სადაც ძალთა დაცვის საინჟინრო უზრუნველყოფას ერთ-ერთი მთავარი ადგილი უჭირავს. ქვეყნის წინასწარი მომზადება თავდაცვისთვის აუცილებელია, რათა თავდაცვის ძალებმა შეძლონ უფრო დიდი და ძლიერი მოწინააღმდეგის აგრესიის წინააღმდეგ აწარმოონ ეფექტური თავდაცვითი ბრძოლები. აუცილებელია წინასწარ განისაზღვროს საფრთხეები და მასზე საპასუხოდ მომზადდეს გეგმა, რომელიც მოიცავს ტერიტორიის მომზადებას როგორც სამხედრო დანიშნულების, ისე სამოქალაქო თავდაცვის ნაგებობებით. სამხედრო დანიშნულების ნაგებობების მომზადება

ძირითადად სამხედრო საინჟინრო ქვედანაყოფების ფუნქციაა, ასევე აუცილებელია ტერიტორიების მომზადება ქვეყნის ერთიან საინჟინრო კომპლექსურ სისტემაში. განვიხილოთ (სამხედროებთან ერთად) ტოტალური თავდაცვის სქემის ყველა კომპონენტი, რომელიც იქნება გამოყენებული კომპეტენციის ფარგლებში. აქ მაქსიმალურად უნდა იყოს გათვალისწინებული უწყებათაშორისი თანამშრომლობა, ინსტიტუციური თავდაცვის ელემენტები. ყველა სამშენებლო პროექტი, რომელსაც სახელმწიფო ახორციელებს (გზები ხიდები, გვირაბები), განსაკუთრებით საზღვრისპირა რეგიონებში, აუცილებელია შეთანხმებული იყოს სამხედროებთან და მშენებლობის დროს გაითვალისწინონ ელემენტები, რომელიც სამხედროებს საშუალებას მისცემს საომარი მოქმედებების დროს უმოკლეს დროში მოახდინონ მისი გამოყენება აგრესიის შესაჩერებლად.

სამხედრო დანიშნულების საინჟინრო ნაგებობების მომზადება. სამხედრო დანიშნულების ნაგებობების მომზადება შეიძლება დაიყოს ორ ეტაპად: საბრძოლო მოქმედებამდე, რომელიც გამოყენებული იქნება საბრძოლო მოქმედებების დროს და საბრძოლო მოქმედების დაწყების შემდეგ მომზადება, რომელიც გრძელდება საომარი მოქმედებების დროს და უწყვეტი პროცესია ე.წ. საველე ფორტიფიკაცია. სამხედრო დანიშნულების საინჟინრო ნაგებობების საბრძოლო მოქმედებამდე, მშვიდობიანობის დროს, მოწყობა ზრდის ქვედანაყოფების ეფექტურობას და ამცირებს მზადყოფნის დროს. საინჟინრო ნაგებობები არის როგორც სამხედრო დანიშნულების, ისე მრავალფუნქციური ხანგრძლივმოქმედი დანიშნულების ნაგებობები, რომე-

ლიც ამავდროულად შეიძლება იყოს სასოფლო-სამეურნეო. სარწყავი არხები საოპერაციო თეატრში¹ მოწყობილი იქნება მაქსიმალურად ფრონტალურად. წყალსაცავები და წყლის აუზები, საკომუნიკაციო ხაზები, საგზაო ინფრასტრუქტურა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია საოპერაციო თეატრის შედგენილობაში, რომელიც წარმოადგენს როგორც საკუთარი, ისე მოწინააღმდეგის გადაადგილების ძირითად საშუალებას, განსაკუთრებით მთიან რეგიონში. საგზაო ინფრასტრუქტურის დაზიანება მოწინააღმდეგეს არ მისცემს სწრაფი წინსვლის საშუალებას და მისგან მოითხოვს დამატებითი დროს და რესურსების ხარჯვას, ასევე საჭიროა გზების შენარჩუნება საკუთარი ქვედანაყოფების გადაადგილებისათვის. ქვეყანამ რომ აწარმოოს ხანგრძლივმოქმედი თავდაცვითი ომი, აუცილებელია რესურსების მარაგების შევსება და ომის დროს მისი შემოტანა და განაწილება საოპერაციო თეატრის ყველა მონაკვეთზე, რისთვისაც საჭიროა მომარაგების გზების მოწყობა და შენარჩუნება. დღეს, როდესაც აშკარაა სავარაუდო მოწინააღმდეგე და ქვეყანას შეუძლია განსაზღვროს, სად მიიღებს თავდაცვით ომს, ასევე სად გაივლის თავდაცვის ძირითადი ხაზი და სავარაუდოდ ცნობილია მოწინააღმდეგის გადაადგილების მიმართულება, შესაძლებელია განისაზღვროს და მოხდეს საჭირო მომარაგების გზების დაგეგმვა. მათი მომზადება და განვითარება

უნდა მოხდეს მშვიდობიანობის დროს. სწორედ მშვიდობიანობის დროს უნდა დაიგეგმოს და მომზადდეს საგზაო კომუნიკაციის ელემენტები, რომელიც ამოქმედდება საბრძოლო მოქმედებების დაწყების დროს. ამისათვის საჭიროა მოხდეს საკომუნიკაციო გზების სივრცითი დაგეგმარება.

სამოქალაქო თავდაცვის ობიექტების მომზადება. „საგანგებო სიტუაციების მართვა და სამოქალაქო თავდაცვა საერთო-სახელმწიფოებრივი სოციალური და თავდაცვითი ღონისძიებათა სისტემის შემადგენელი ნაწილია, რომელიც იგეგმება და ხორციელდება მშვიდობიანობისა და ომიანობის დროს მოსახლეობის დასაცავად“².

სამოქალაქო თავდაცვითი ობიექტები ძირითადად მზადდება მშვიდობიანობის დროს და აქვს მრავალფუნქციური დანიშნულება.

დღეს, როგორც ვიცით, შეწყვეტილია სამოქალაქო თავდაცვის სწავლება სკოლებში და შეიძლება ითქვას რომ არ არსებობს სამოქალაქო თავდაცვა, რისი შედეგიც მივიღეთ 2008 წლის საომარი მოქმედებების დროს.³ საომარი მოქმედებების დროს ქვეყნის მშვიდობიანი მოსახლეობის დაცვა სახელმწიფოსთვის მნიშვნელოვანი ამოცანაა. სამოქალაქო თავდაცვისთვის მომზადება გაცილებით ადრე იწყება და ქვეყნის ყოველი მოქალაქე წინასწარ უნდა იყოს ინფორმირებული საგანგებო მდგომარეობის დროს გასატარებელ პროცედურებზე.

¹ საოპერაციო თეატრი- ტერიტორია, სადაც უშუალოდ მიმდინარეობს სამხედრო ოპერაციები.

² ო.ლანჩავა, ა.ფრანგიშვილი, ნ.ბოჭორიშვილი (2011). სიცოცხლის უსაფრთხოება-საგანგებო სიტუაციების მართვა და სამოქალაქო თავდაცვა. თბილისი: გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“

³ 2008 წელს რუსეთის მიერ სამხედრო აგრესიის დროს დაიღუპა 224 და დაიჭრა 1186 სამოქალაქო პირი <https://idfi.ge/ge/information-about-war-between-russia-georgia-in-august-2008>

სამოქალაქო თავდაცვასთვის აუცილებელია ფსიქოლოგიური მომზადების ელემენტის ჩართულობა, ფსიქოლოგიური მომზადება კი სკოლის მერხიდან უნდა დაიწყოს, რაც ჯამში მოგვცემს ეფექტურ პროცედურებს, რომლებშიც კარგად იქნება გათვითცნობიერებული მოსახლეობა. საომარი მოქმედებების დროს მოსახლეობისთვის ყველაზე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს არაპირდაპირი და საჰაერო იერიშები,

მასობრივი განადგურების იარაღის გამოყენება, რომლის საწინააღმდეგო მოქმედებებისთვის მოსახლეობა უნდა იყოს ფსიქოლოგიურად მომზადებული და საჭირო სამოქმედო პროცედურებში გარკვეული. ამისათვის საჭიროა ეროვნული და ტოტალური თავდაცვის სქემით ამოქმედდეს ერთიანი სამოქალაქო თავდაცვის გეგმა, უწყებათაშორისი თანამშრომლობის ფარგლებში ადგილობრივი თვითმართველობის აქტიური ჩართულობით მიღწეულ იქნეს სამოქალაქო თავდაცვის მაღალი დონე.

მიწისქვეშა ნაგებობები არაპირდაპირი იერიშის დროს საუკეთესო დაცვის საშუალებაა. ესენია დედაქალაქში არსებული მიწისქვეშა ნაგებობები, როგორცაა მეტროს მოქმედი გვირაბები და სადგურები, მნიშვნელოვანია მეტროსთვის განსაზღვრული მიწისქვეშა ნაგებობების მოვლა და მომზადება. საცხოვრებელი კორპუსების მშენებლობის დროს მშენებელმა სასურველია გაითვალისწინოს ორ- და სამდონიანი მიწისქვეშა ნაგებობა, რომელიც ამავდროულად გამოყენებული იქნება ავტომატების სადგომად, ასევე სამოქალაქო თავდაცვის და სამხედრო დანიშნულების ობიექტად. აუცილებელია საგანგაშო სიგნალის შეტყობინების სისტემის შემუშავება, რომელიც მოსახლეობას გააფრთხილებს რასახის საფრთხეებია მოსალოდნელი, რის შემდეგაც

განხორციელდება საჭირო ღონისძიებები. ასევე მოსამზადებელია საოპერაციო თეატრიდან მშვიდობიანი მოსახლეობის გამოყვანის გეგმა.

პირადი შემადგენლობის და მოქმედი ქვედანაყოფების მომზადება. პირადი შემადგენლობის მომზადება ყოველდღიური პროცესია მოქმედი სამხედრო ქვედანაყოფებისთვის, საინჟინრო ქვედანაყოფის მომზადება კი უფრო ხანგრძლივ დროს და მეტ რესურსს მოითხოვს. პირველ ეტაპზე აუცილებელია ქვეითი ჯარისკაცის მომზადება ინდივიდუალურ დონეზე და შემდეგ მისი მომზადება როგორც ინჟინერისა. საბრძოლო მომზადება, რომელიც შეიძლება დავეყთ ინდივიდუალურ და კოლექტიურ მომზადებად ერთობლივი შეთანხმებული პროცესია. ასევე საინჟინრო დოქტრინების მომზადება, რომელიც თავსებადი იქნება NATO-ს დოქტრინებთან და მორგებული იქნება ეროვნულ ინტერესებსა და შესაძლებლობებს.

ინდივიდუალური მომზადება – სამხედრო ინჟინრის მომზადება სპეციალობის მიხედვით. სამხედრო სასწავლებლებთან ერთად აუცილებელია უწყებათაშორისი თანამშრომლობა, სამხედრო მოსამსახურეების გადამზადება უნდა ხდებოდეს პროფესიულ სასწავლებლებში შესაბამისი სპეციალობების მიხედვით.

რაც შეეხება საინჟინრო ოფიცრის მომზადებას, აქ კარგი იქნება ისრაელის მოდელის ნაწილობრივ გამოყენება, რადგან სამხედრო საინჟინრო ოფიცერს უნდა ჰქონდეს ინჟინრის განათლება. ისრაელის მოდელის მიხედვით, უმაღლესი სასწავლებლის სტუდენტებს, რომლებიც უკვე იყვნენ სავალდებულო სამხედრო სამსახურში, უფორმდებათ ხელშეკრულება, რომლის მიხედვით საზაფხულო არდადეგე-

ბზე აღნიშნული სტუდენტები სავსე შეკრებების დროს გადიან საწყის საბრძოლო მომზადებას, ხოლო უნივერსიტეტის დამთავრების შემდეგ სამხედრო სასწავლებელში – სამხედრო ოფიცრებად მომზადებას. აღნიშნული მოდელი საშუალებას იძლევა მომზადდეს ვიწრო სპეციალობის სამხედრო ოფიცერი. საინჟინრო ფუნქციები მოითხოვს სხვადასხვა სპეციალობის (საგზაო ინჟინერი, მშენებელი, ელექტროინჟინერი, გეოლოგი, კარტოგრაფი და ა.შ.) სპეციალისტს. ეს მოდელი ასევე წარმატებული იქნება სხვადასხვა სამხედრო სპეციალობაზე, როგორცაა სამხედრო სამედიცინო, იურისტი და ა.შ.

საინჟინრო ოფიცრების მომზადების ერთ-ერთ ვარიანტად შესაძლებელია განვიხილოთ სამხედრო აკადემია, სადაც ამჟამად მიმდინარეობს ბაკალავრის პროგრამა. სამხედრო აკადემიაში იუნკრები სწავლობენ 4 წლის განმავლობაში და ძირითადად ეუფლებიან ჰუმანიტარული მეცნიერების სპეციალობებს. საჭიროა აკადემიაში იყოს საინჟინრო ფაკულტეტი (კათედრა). კურსის განმავლობაში იუნკერი დაუფლება საინჟინრო-სავსე და სამხედრო-საინჟინრო სპეციალობას.

რეზერვის მომზადება. რეზერვის ყოლა აუცილებელი კომპონენტია ტოტალური თავდაცვის სქემაში. დღევანდელი მდგომარეობით საქართველოში რეზერვის კონცეფციის თანახმად ორი სახის რეზერვია – აქტიური და სამობილიზაციო. აქტიური, თავის მხრივ, არის თავდაცვის ძალების, ტერიტორიული და სპეციალისტთა რეზერვები.

თავდაცვის ძალების რეზერვი უზრუნველყოფს მოქმედი ქვედანაყოფების გაძლიერებას და შევსებას

საომარი მოქმედებების დროს. საინჟინრო ქვედანაყოფების რეზერვი შეიძლება განვიხილოთ როგორც თავდაცვის ძალების რეზერვი, ისე სპეციალური რეზერვი. როგორც განვიხილეთ, საბრძოლო საინჟინრო ქვედანაყოფები უშუალოდ ერთვებიან ბრძოლაში და მათთვის რეზერვის მომზადება უნდა მოხდეს თავდაცვის ძალების რეზერვის კომპონენტიდან. მათი შევსება შესაძლებელია მოხდეს საინჟინრო ქვედანაყოფებში ნამსახური და რეზერვში გასული მოქალაქეებისგან, ასევე პროფესიული სასწავლებლის კურსდამთავრებულებისგან, რომელთაც აქვთ საბაზისო უნარი და მცირე გადამზადების შემდეგ შეძლებენ საინჟინრო ტექნიკის გამოყენებას.

სპეციალური რეზერვი უზრუნველყოფს ვიწრო სპეციალისტთა გაწვევას – კიბერუსაფრთხოების სპეციალისტი. ექიმი და ა.შ. მნიშვნელოვანია საინჟინრო მეცნიერების სპეციალისტები – ზოგადსაინჟინრო და გეოსივრციით.

დასკვნა

ამრიგად, ტოტალური თავდაცვა, რომელზეც დაფუძნებულია ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობა და წარმოადგენს ფართო სპექტრის ღონისძიებებს, უნდა იყოს ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობის გაძლიერების უალტერნატივო ელემენტი. საინჟინრო მეცნიერების როლი იქნება უწყებათაშორისი თანამშრომლობის ერთ-ერთი დამაკავშირებელი რგოლი, რის შედეგადაც მიიღწევა მთავარი მიზანი და ქვეყანა გადავა ტოტალური თავდაცვის სქემაზე და უზრუნველყოფს ქვეყნის თავდაცვისუნარიანობის გაძლიერებას.

ლიტერატურა

1. Medzmariashvili E. Fundamentals of Georgian military engineering doctrine. Tbilisi. 2006. (In Georgian).
 2. The Constitution of Georgia. Chapter 8, Article 70. (In Georgian).
 3. Lanchava O., Prangishvili A., Bochorishvili N. Life safety - Emergency management and civil defense. Tbilisi. 2011. (In Georgian).
 4. URL: <https://idfi.ge/ge/information-about-war-between-russia-georgia-in-august-2008> (In Georgian).
 5. Threat Assessment Document for 2010-2013. Tbilisi. 2010. (In Georgian).
 6. The National Military Strategy of Georgia. Tbilisi. 2014. (In Georgian).
-

UDC 623.93

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-122-130>

The role of military engineering science in total defense

Irakli Buishvili

Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68^b
M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

Reviewers:

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

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

T. Shubladze, General Major, Doctor of History

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Abstract. The introduction of the article briefly discusses the current situation of Georgia against the background of geopolitical events in the region. There are underlined the actions of the adversary in the occupied regions after the 2008 August war and the urgent need of "total defense" against the background of today's threats and challenges.

The main part of the article discusses the elements of total defense, which are presented in the diagram. The Georgian model of total self-defense should consist of military, civilian and institutional defense components that depend on economic and psychological factors. Special attention is paid to the components of military defense, as well as on the role of military engineering science.

While discussing the elements of military defense, the priorities of preparing Georgian territories, the need of preparation of military and civilian facilities, as well as training of personnel and reserves are emphasized.

Key words: Civil defense; hybrid warfare; military defense; preparations for war; total self-defense.

UDC 623.93

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-122-130>

Роль военно-инженерной науки в тотальной обороне

Иракли Буишвили Департамент гражданского и промышленного строительства имени Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: ibuishvili@mod.gov.ge

Рецензенты:

Э. Медзмариашвили, генерал-майор, профессор строительного факультета ГТУ

E-mail: e.medzmariashvili@gtu.ge

Т. Шубладзе, генерал-майор, доктор исторических наук

E-mail: shubladze.tengiz@gmail.com

Аннотация. На фоне геополитических событий в регионе важно нынешнее положение Грузии, а также действия противника на оккупированных территориях после августовской войны 2008 года и необходимость «тотальной самообороны» исходя из существующей опасности и вызовов.

В статье компоненты «тотальной самообороны» представлены в виде схемы. Грузинская модель «тотальной самообороны» должна состоять из военных, гражданских и институциональных компонентов обороны, которые зависят от экономических и психологических факторов. Больше внимание акцентировано на компоненты военной обороны, а также на роль военно-инженерной науки.

При рассмотрении составляющих военной обороны выделены приоритеты подготовки территории страны, отмечена необходимость подготовки соответствующих военных и гражданских сооружений, а также необходимость подготовки личного состава и резерва.

Ключевые слова: военная оборона; гибридная война; гражданская оборона; подготовка к войне; тотальная самооборона.

განხილვის თარიღი 19.05.2020

შემოსვლის თარიღი 08.06.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 62

SCOPUS CODE 2020

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-131-138>

ტერიტორიების საინჟინრო მოწყობის თავისებურებანი

დავით მაისურაძე აგული სოხაძის სახელობის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com

რეცენზენტები:

ე. მეძმარიაშვილი, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი, გენერალ-მაიორი

E-mail: medzmariashvili@gtu.ge

თ. შუბლაძე, ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორი, გენერალ-მაიორი

E-mail: shubladzetengiz@gmail.com

ანოტაცია. მნიშვნელოვანია სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების განვითარების აუცილებლობა მსოფლიოს მაღალტექნოლოგიური შეიარაღების არსებობის პირობებში. ნაჩვენებია დისტანციური დანალმვის თანამედროვე სისტემების როლი ტერიტორიების დაცვის კუთხით, განსაკუთრებით მაღალმთიან რეგიონებში რთული რელიეფის, ინფრასტრუქტურის სუსტი განვითარების და კლიმატის მკაცრ პირობებში

ხაზი გაესვა, მოწინააღმდეგის ჭარბი ძალების შემოჭრის შემთხვევაში, ზალპური ცეცხლის სისტემების გამოყენების აუცილებლობას, მოწინააღმდეგის შეკავების, მისი ცოცხალი ძალის და ტექნიკის განადგურების მიზნით.

განხილულია დისტანციური დანალმვის გამოყენების თავისებურება ფეთქებადი ლობურების მოსაწყობად, ზღვის სივრცის დანალმვისა და განალმვის, ასევე სამხედრო-საინჟინრო ხელოვნების განვითარება.

საომარი მოქმედების თეატრის მომზადების თვალსაზრისით, სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების მიმართულების განვითარება ქვეყნის მნიშვნელოვანი პრიორიტეტი და ორგანიზებული სისტემაა.

საკვანძო სიტყვები: ნაღმების დისტანციური მართვა; საიარაღო ზემოქმედების საშუალებები; „ტოტალური თავდაცვის“ პრინციპები; ფეთქებადი ლობურა.

შესავალი

საქართველოსა და რუსეთს შორის 2008 წლის მოვლენებმა და რუსეთის მიერ საქართველოს წინააღმდეგ განხორციელებულმა სამხედრო აგრესიამ ნათლად აჩვენა მსოფლიოს, რომ რუსეთი მზადაა დაუპირისპირდეს საერთაშორისო სამართლის ნორმებს, ხელყოფს ადგილობრივი მოსახლეობის უფლებებს და ქვეყნის დამოუკიდებლობის პრინციპებს იმპერიული მიზნების განსახორციელებლად.

რუსეთის მიერ ოკუპირებულია საქართველოს ტერიტორიის 20%, სადაც განლაგებულია მათი სამხედრო ბაზები, რაც, თავის მხრივ, ახალი სამხედრო აგრესიის საფრთხეს ქმნის.

მოწინააღმდეგის შეიარაღებული ძალების შემოჭრის შემთხვევაში დიდი ალბათობით გამოყენებული იქნება სხვადასხვა სახის თანამედროვე საიარაღო ზემოქმედების საშუალებები (საზენიტო-სარაკეტო, საარტილერიო, საავიაციო და ჯავშანტექნიკის თანამედროვე სახეობები), რომელთა დამანგრეველი ძალა გამოირჩევა დიდი მასშტაბებით და შესაძლოა გამოსწორებელი ზიანი მიაყენოს როგორც საქართველოს შეიარაღებულ შენაერთებსა და ადგილობრივ მოსახლეობას, ისე ქვეყნის ტერიტორიას, ისტორიულ ძეგლებს, ფლორასა და ფაუნას.

საქართველოსა და მის ფარგლებს გარეთ არსებული საფრთხეებისა და შეზღუდული რესურსებიდან გამომდინარე, მოსახლეობისა და ტერიტორიების დაცვის გეგმა ეფუძნება „ტოტალური თავდაცვის“ პრინციპებს, რაც გულისხმობს, ქვეყნის თავდაცვის მიზნით, სამხედრო და სამოქალაქო რესურსების ერთობლიობას, სამოქალაქო თავდაცვის სისტემის დანერგვას, არსებული ინფრასტრუქტურის საინჟინრო მომზადებას, განვი-

თარებას, სამხედრო რეზერვის და მისი გადამზადების სისტემის შექმნას, ასევე შეიარაღების თანამედროვე სახეობების არსებობას.

საომარ და მშვიდობიან პერიოდში უდიდესი როლი ენიჭება სამხედრო და სამოქალაქო ინჟინერიის სისტემის ჩამოყალიბებას, რომელიც მიმართულია საქართველოს ტერიტორიის მომზადებაზე საომარი და სხვა სახის ექსტრემალური ვითარების შექმნისას.

თუ გადავხედავთ სამოქალაქო და სამხედრო-საინჟინრო სისტემას, ქვეყნის უსაფრთხოების თვალსაზრისით, შესაძლოა ვივარაუდოთ, რომ საომარი მოქმედებების დროს სამხედრო-საინჟინრო სისტემა და სამოქალაქო სისტემის სატრანსპორტო, საკომუნიკაციო ქსელი შეუთავსებელი იქნება.

ზუსტად ამიტომ არის აუცილებელი ტერიტორიის მომზადება ომისათვის მშვიდობიანობის პერიოდში, რაც პირდაპირპროპორციულია სამხედრო-საინჟინრო ხელოვნებასთან.

მსოფლიოში თანამედროვე მაღალტექნოლოგიური შეიარაღების არსებობა განსაკუთრებით აქტუალურ ხდის ქვეყნის, განსაკუთრებით მაღალმთიანი რეგიონების მოსახლეობის, ტერიტორიების დაცვის საინჟინრო უზრუნველყოფას საქართველოს უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს რთული რელიეფიდან, ასევე მაღალმთიან რეგიონებში ინფრასტრუქტურის სუსტი განვითარებისა და შეზღუდული რესურსებიდან გამომდინარე, შეიარაღებული ძალების წინაშე დგას ამოცანა რაც შეიძლება მცირე დროის პერიოდში

არსებული რესურსებით მოახერხოს ბრძოლა მოწინააღმდეგის ძალებისა და დაჯგუფების მიმართ, ძნელად მისადგომი და დაშორებული ტერიტორიების დისტანციური დანაღმვა, პოზიციების, ობიექტებისა და დაცვითი ნაგებობების, საბრძოლო ტექნიკისა და ცოცხალი ძალის განადგურება და სხვა მრავალი ამოცანის გადაწყვეტა.

განვითარებული ქვეყნების გამოცდილების ანალიზი ცხადყოფს, რომ ტერიტორიების დაცვის კუთხით ზემოხსენებული ამოცანების გადაწყვეტა შესაძლებელია როგორც საჰაერო, საარტილერიო, ისე სანაღმე და ზალპური ცეცხლის სარაკეტო კომპლექსების გამოყენებით.

დისტანციური საჰაერო, სარაკეტო თუ საარტილერიო დანაღმვა და ნაღმების დისტანციური მართვა საქართველოს შეიარაღებაში მაქსიმალურად უნდა იყოს დანერგილი, რომელსაც ასევე პრიორიტეტულ მიმართულებად უნდა დაემატოს ზღვის სივრცის დანაღმვისა და განაღმვის პროცედურების შესაძლებლობების შექმნა და დესანტაციონააღმდეგო ფეთქებადი ღობეების მოწყობის ხელოვნება და საშუალებები.

დანაღმული ველები და, საერთოდ, ფეთქებადი ღობურები და წინააღმდეგობები მეტად მრავალფუნქციური და მრავალმხრივი გამოყენებისაა. მათი აქტუალურობა კიდევ უფრო გაიზარდა თანამედროვე კონფლიქტების ხასიათისა და ფორმებიდან გამომდინარე. ეს თვისებები მთლიანად შეესაბამება საქართველოს სამხედრო უსაფრთხოებას, რომელსაც ნაღმების გამოყენების უფრო ფართო სპექტრი აქვს, ვიდრე ეს მოცემულ ეტაპზე ათვისებული [1].

აღნიშნული სფერო ტექნიკურად და ტექნოლოგიურად რთულია და მრავალფეროვანი. იგი მოიცავს პროცედურის ჩატარებას როგორც ხელით, ისე მიწისზედა ტექნიკის, საფრენი ობიექტების, ნაღმტყორცნების, არტილერიის, სარაკეტო სისტემისა და მცურავი საშუალებების გამოყენებით.

ქვეყნის თავდაცვის მიზნით დანაღმული ველების შექმნა, განსაკუთრებით მშვიდობიანობის პერიოდში, ურთულესი პრობლემაა, რომელიც დაკავშირებულია სამინაო ფაქტორებსა და საერთაშორისო ხელშეკრულებებთან. ძალზე მნიშვნელოვანია იმ გარემოს გათვალისწინება, რომ ნაღმებზე შესაძლოა მშვიდობიანი მოსახლეობა დაზიანდეს.

გარდა ამისა, გასათვალისწინებელია, რომ ეკონომიკურად და ტერიტორიის გამოყენების დისკომფორტის მხრივ რთულია არა მარტო დანაღმვის პროცესი, არამედ მისი შენახვისა და განაღმვის პროცესებიც.

დანაღმული ველის, ფეთქებადი ღობურებისა და წინააღმდეგობების ეფექტი სამხედრო ხელოვნებაში მეტად მნიშვნელოვანია, რასაც გარკვეულწილად შეესაბამება ზუსტი დამიზნების იარაღის ეფექტი.

ტერიტორიის საინჟინრო მოწყობის მაღალი საბრძოლო ეფექტურობის მაჩვენებელია ის, თუ რამდენად ოპტიმალურად იქნება მიღწევადი სათანადო სანაღმო ვითარების შექმნა, არეალების, პოზიციების, რაიონების, მიჯნების, ცალკეული კომპლექსებისა და ობიექტების დანაღმვა-განაღმვა, ფეთქებადი და კომბინირებული ღობურებისა და დანაღმული ველების შექმნა, მათი მართვა და, ასევე, დანაღმული წინაღობების გადალახვა და გაუვნებლყოფა [1].

ყველა შემთხვევაში განხილული მიზნებისა და პროცედურების განხორციელება და ამოცანების გადაწყვეტა უკავშირდება საინჟინრო საბრძოლო მასალებს, მათი ნაირსახეობის ფართო სპექტრს, სათანადო ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ დონეს, შეიარაღებას და სამხედრო ტექნიკას და მათი გამოყენების სამხედრო და სამხედრო-საინჟინრო ხელოვნებას, რომლის პერსპექტივები დამოკიდებულია საინჟინრო შეიარაღების საშუალებების შემდგომ განვითარებაზე.

საინჟინრო შეიარაღების საშუალებების სისტემების შემდგომი სრულყოფისა და განვითარებისათვის გათვალისწინებული უნდა იქნეს თანამედროვე შეხედულებები შესაძლო ომებისა და სამხედრო კონფლიქტების შესახებ და სათანადო მოთხოვნები. ამასთან, ასევე მკაცრად უნდა იქნეს დაცული საერთაშორისო შეზღუდვები შეიარაღების და სამხედრო ტექნიკის სფეროში.

საინჟინრო შეიარაღების საშუალებების, საინჟინრო ტექნიკის და განსაკუთრებით საინჟინრო საბრძოლო მასალების ახალი შესაძლებლობების ბაზაზე სამხედრო საქმეში განსაზღვრულია უპირველესი რიგის პრობლემები, რომლებიც უშუალოდ დაკავშირებულია საბრძოლო მოქმედებების საინჟინრო უზრუნველყოფასთან. მათ შეიძლება მივაკუთვნოთ: ჯარების გადაადგილებისა და მანევრების ტემპის მომატების აუცილებლობა, მათი მობილურობისა და ნადმსაწინააღმდეგო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, მოწინააღმდეგის ჯარების მობილურობის შემცირებისა და დანაკარგის მიყენების მიზნით ფეთქებადი ნაღმების და სხვა ტიპის ლობურების ეფექტურობის ამაღლება.

განვითარებული ქვეყნების არმიებს დღეს შეიარაღებაში უკვე აქვს მაღალეფექტური ნაღმები. მათ განეკუთვნება ნაღმები უკონტაქტო ამფეთქებით და დაზიანების ფართო ზონით, მათი სწრაფი დაყენების მობილური საშუალებები, მექანიზაციისა და დისტანციური დანაღმვის სისტემების ჩათვლით. ამასთან, ნაღმების დახვეწის პროცესი მაღალი ინტენსიურობით გრძელდება.

დისტანციური დანაღმვის ერთ-ერთ სისტემის მაგალითად განიხილება სისტემა *Ranger*, რომელიც განთავსებულია *Land Rover «Centaur»* ტიპის ავტომობილის ბაზაზე, მცირე ზომისაა და გამოირჩევა განსაკუთრებული მანევრირებით (სურ.)



მაღალი გამავლობის ავტომობილ *LAND ROVER*-ის ძლიერი რვაცილინდრიანი 156 ცხენის ძალის ძრავა 80 კმ/სთ სიჩქარის განვითარების საშუალებას იძლევა, მუხლუხიანი ნაწილი მანქანას განსაკუთრებულ გამავლობას ანიჭებს. მას შეუძლია 32° აღმართის და 0,7 სიღრმის ფონების გადალახვა [2].

მიწის ზედაპირზე მცირე 0,42 კგ/სმ დაწოლა მესანგრეებს საშუალებას აძლევს მჭიდროდ ითანამშრომლონ სხვა მექანიზებულ ქვედანაყოფებთან და დააყენონ ნაღმები საჭირო ადგილას და საჭირო დროს.

უახლოეს მომავალში ნატოს წევრი სახელმწიფოების არმიებში იგეგმება ლობურების ავტომატიზებული მოწყობის ახალი საშუალებების შემოღება, რომლებიც უზრუნველყოფს არა მხოლოდ მიწის-

ზედა, არამედ საჭაერო მიზნების მნიშვნელოვანი ფართობების ბლოკირებასა და დაზიანებას.

ცეცხლითა და დისტანციური დანაღმვის ღონისძიებებით მოწინააღმდეგის განადგურების ოპერაცია უნდა იყოს შეთანხმებული და თანამიმდევრულად დაგეგმილი, რაც საშუალებას მოგვცემს: ჩავშალოთ მოწინააღმდეგის იერიში; შევაფერხოთ მისი გადაადგილება და საბრძოლო პოზიციებზე გაშლა; მოვახდინოთ მოწინააღმდეგის მიერ იერიშამდე დანაღმულ ველებზე გაკეთებული გასასვლელების დანაღმვა; დაიბლოკოს დესანტის შესაძლო გადმოსხმის რაიონები; დახმარება გაეწიოს ფლანგებზე საკუთარ ძალებს და მოვახერხოთ კონტრიერიშზე ორგანიზებული გადასვლა.

დისტანციური დანაღმვის სისტემების გამოყენება საგრძნობლად ზრდის შეიარაღებული ძალებისა და საინჟინრო ქვედანაყოფების შესაძლებლობებს. დისტანციური დანაღმვით შექმნილი დაბრკოლებები მეტად ეფექტურია, რომელთა მიზანია: მოიერიშე მოწინააღმდეგის დაბრკოლება/შეჩერება და, შესაბამისად, მათი განადგურების პირობების შექმნა სხვა სახის იარაღით; მოწინააღმდეგის ძალებსა და საშუალებებზე მაქსიმალური ზიანის მიყენება; კომუნიკაციებისა და ინფრასტრუქტურის დაზიანება და მოწინააღმდეგის პირად შემადგენლობაზე ფსიქოლოგიური ზემოქმედება.

ზოგადად დისტანციური დანაღმვა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პრინციპებს:

- ნაღმის დაყენებისათვის არ უნდა იყოს საჭირო შესაბამისი სპეციალისტი – მესანგრე;
- ნაღმის საბრძოლო მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი უნდა წარმოებდეს ავტომატურად;

- ნაღმი უნდა მიეწოდოს დანაღმვის ადგილზე უფრო ადრე, ვიდრე იქ აღმოჩნდება მოწინააღმდეგე;
- ნაღმი უნდა დააყენონ მხოლოდ მაშინ, როდესაც ეს საჭირო გახდება და არ ესაჭიროება ადამიანის ადგილზე ყოფნა;
- ნაღმი უნდა განიმუხტოს მაშინ, როდესაც მისი საჭიროება არ არსებობს;
- ნაღმის ამოცანაა შეაფერხოს ან/და შეაჩეროს მოწინააღმდეგის გადაადგილება.

დისტანციური დანაღმვის ძირითადი ამოცანებია:

- ადრე დაყენებული დაბრკოლებების გაძლიერება, დანაღმულ ველებს შორის გასასვლელების დანაღმვა;
- დანაღმული ველების სწრაფი შექმნა უშუალოდ საბრძოლო და საველე მარშისათვის მომზადებული შენაერთებისათვის, მათ ზურგში ან/და ფლანგებზე;
- კომუნიკაციებსა და რეზერვებზე ზემოქმედება, ზურგში მომუშავე დაწესებულებებისა და ორგანიზაციების, მმართველობით რგოლებში დეზორგანიზაციის შეტანა, აეროდრომებისა და სხვა ობიექტების დანაღმვა;
- საბრძოლო მოქმედებების რაიონებისა და დამატებითი ძალების გადასროლის ბლოკირება, საბრძოლო წყობის დაშლა;
- ძალებისა და საშუალებების დაზოგვის მიზნით ფლანგებისა და სხვა ადგილების სწრაფი დანაღმვა;
- მოწინააღმდეგის დესანტის გადმოსხმის იმ ადგილების დანაღმვა, რომლებიც მომავალში შესაძლოა იყოს გამოყენებული საკუთარი ძალებით.

დისტანციურ დანაღმვას, დანაღმვის ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით, აქვს ზოგადი **თავისებურებანი:**

- უეცარი გამოყენების საშუალება, შენაერთების ოპერატიული წყობის დიდ სიღრმეში (ათეულობით და ასეულობით კილომეტრი), ზუსტად, ძალიან მოკლე ვადებში. დისტანციური დანაღმვის სისტემით შესაძლებელია ამოცანის შესრულება ბრძანების მიღებისთანავე, დაახლოებით 10–15 წუთში;
- მოწინააღმდეგის ძალებისა და საშუალებების დისტანციური დანაღმვითი სისტემებით დაფარვა. აღსანიშნავია, რომ ნაღმების 70%-ზე მეტი დისტანციური წესით მოეწყო;
- დისტანციურად ნაღმების დაყენების მაღალი საბრძოლო ეფექტურობა, მისი ფსიქოლოგიური უარყოფითი ზემოქმედება პირად შემადგენლობაზე;
- დისტანციური დანაღმვა იძლევა ისეთი დაბრკოლებების დაყენების საშუალებას, რომლებიც გარკვეული პერიოდის განმავლობაში იქნება საბრძოლო მდგომარეობაში სამიზნეს მოლოდინში, შემდეგ მოხდება მათი ლიკვიდაცია. აღნიშნული საშუალებას გვაძლევს საბრძოლო მოქმედებებიდან გარკვეული დროით გავთიშოთ სხვადასხვა რაიონი.

თანამედროვე ნაღმების გამოყენება ზეზუსტ იარაღთან კომპლექსში „ნაღმების ომს“ ანიჭებს სულ სხვა ხარისხს (დისტანციური დანაღმვის სისტემებია, მაგალითად, ამერიკული M139 Volcano, MOPMS, RAAM, ფრანგული - Minotaur) [3].

დღეისათვის მუშავდება ისეთი ტანკსაწინააღმდეგო ე.წ. „ჭკვიანი ჭურვი“, რომელსაც ექნება ორმაგი

ჭურვისა და ნაღმის დანიშნულება. დისტანციური დანაღმვის სისტემიდან გასროლისას „ჭკვიანი ჭურვი“ ირჩევს მიზანს და ზემოდან ანადგურებს აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი დარტყმითი ბირთვით. მიზნის არარსებობის გამო ვარდება მიწის ზედაპირზე და მოქმედებს როგორც ნაღმი და გადადის მოლოდინის რეჟიმში. დისტანციური დანაღმვის კუთხით აღნიშნული „ჭკვიანი ჭურვით“ დაბრკოლებების სახეობებს გაცილებით დიდი უპირატესობა ენიჭება, ვიდრე ჩვეულებრივი მეთოდით შექმნილს.

უნდა აღინიშნოს, რომ დისტანციური მეთოდით შექმნილ დაბრკოლებებს აქვს სუსტი მხარეებიც, მაგალითად: ნაღმები განლაგებულია მიწის ზედაპირზე და ვიზუალურად ადვილი აღმოსაჩენია; დაბალი კონცენტრაცია ერთ კვადრატულ მეტრზე (დაახლოებით 0,001–0,005 ნაღმი 1მ²) აღმოჩენის შემთხვევაში იძლევა მათი შემოვლის შესაძლებლობას; მყარ ზედაპირზე დაცემისას შესაძლოა მოხდეს ცალკეული ნაღმების დაზიანება და გამოიწვიოს საბრძოლო შესაძლებლობების დაკარგვა.

გამოყენებული ნაღმები არ ექვემდებარება განაღმვას აფეთქების გარეშე და შესაბამისად მოწინააღმდეგის მიერ მისი გამოყენება შეუძლებელი ხდება.

დისტანციური დანაღმვის უპირატესობა ბევრად მნიშვნელოვანია მის ნაკლოვანებებზე და ამიტომ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში.

დასკვნა

მნიშვნელოვანია სამხედრო-საინჟინრო მეცნიერების მიმართულების განვითარება, რათა შესა-

ბამისად იქნეს მომზადებული საომარი მოქმედების თეატრი, რაც, თავის მხრივ, ორგანიზებული სისტემაა, თეორიული და პრაქტიკული ცოდნის, სამხედრო და სამოქალაქო რესურსების ერთობლიობის, თანამედროვე მულტიფუნქციური შეიარაღების გამოყენების ხელოვნების დახვეწის, მოსახლეობისა და ტერიტორიების დაცვისა და საომარი მოქმედებების წარმატებით წარმართვის მიზნით.

ლიტერატურა

1. Medzmariashvili E. Fundamentals of Georgian military engineering doctrine. Tbilisi. 2006. (In Georgian).
2. Volkovskiy N. L. Encyclopedia of modern weapons and military equipment. Vol. 2. Saint Petersburg: "Poligon". 1997. (In Russian).
3. FM 20-32. Mine/countermine operations. 2004. URL: <https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/FM%2020-32%20W%20CH%201-4.pdf>

UDC 62

SCOPUS CODE 2020

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-131-138>

Features of engineering support of the territory

David Maisuradze Department of Civil and Industrial Construction, Georgian Technical University, 68^b M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com

Reviewers:

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

E-mail: medzmariashvili@gtu.ge

T. Shubladze, General Major, Doctor of History

E-mail: shubladzetengiz@gmail.com

Abstract. The article discusses the necessity of the development of military-engineering science in the context of the existence of high-tech weapons in the world.

It demonstrates the role of modern remote mining systems in the protection of territories, especially in mountainous regions, in difficult terrain, under the conditions of poor infrastructure development and harsh climate.

At the same time, it's mentioned the need of use of salvage fire systems in case of an invasion by excess enemy forces in order to deter the enemy, destroy its live forces and equipment.

Peculiarities of the use of remote mining are discussed: the arrangement of explosive fences, the mining and disposal of maritime space, as well as the development of the art of military engineering.

In the sense of preparation of the theater of war, the development of military engineering science is the country's top priority and organized system.

Key words: Explosive fence; means of armed influence; principles of "total self-defense"; remote control of mines.

UDC 62

SCOPUS CODE 2020

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-131-138>

Особенности инженерного обеспечения территорий

Давид Маисურაძე Департамент гражданского и промышленного строительства им. Агули Сохадзе, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^б
E-mail: maisuradzedavit1007@gmail.com

Рецензенты:

Э. Медзмариашвили, генерал-майор, профессор инженерно-строительного факультета ГТУ

E-mail: medzmariashvili@gtu.ge

Т. Шубладзе, генерал-майор, доктор исторических наук

E-mail: shubladzetengiz@gmail.com

Аннотация. Важна роль развития военно-инженерной науки при наличии в мире современного высокотехнологического оружия. Показана роль применения современных средств дистанционного минирования с целью защиты территорий, особенно в высокогорных регионах со сложным рельефом, слаборазвитой инфраструктурой, а также суровых климатических условий.

Отмечена необходимость применения средств залпового огня при вторжении превосходящих сил противника с целью задержания, уничтожения живой силы и техники.

Также рассмотрены особенности применения дистанционного минирования с целью установки минных заграждений, минирования и разминирования водных пространств, а также необходимости развития военно-инженерной науки.

С точки зрения подготовки театра военных действий, развитие военно-инженерной науки является важнейшим приоритетом страны и организованной системой.

Ключевые слова: взрывчатые заграждения; дистанционное управление мин; принцип тотальной самообороны; средства вооруженного воздействия.

განხილვის თარიღი 10.05.2020

შემოსვლის თარიღი 08.06.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-139-149>

პლასტიკური დიზაინი და პროექტირების კრიტერიუმები არქიტექტურაში

მანანა თავხელიძე არქიტექტურის საფუძვლებისა და თეორიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ა
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

რეცენზენტები:

ზ. ტიტვინიძე, სტუ-ის არქიტექტურის, ურბანისტიკისა და დიზაინის ფაკულტეტის პროფესორი, არქიტექტურის დოქტორი

E-mail: z.anadeli@yahoo.com

ზ. მიქიაშვილი, სტუ-ის დიზაინის საერთაშორისო სკოლის პროფესორი

E-mail: g.mikiashili@gtu.ge

ანოტაცია. არქიტექტურული ობიექტების დაპროექტება და მოდელირება დაკავშირებულია მრავალმხრივ მიდგომასთან. დიზაინერების მიმართ დასმული პრობლემების გადაწყვეტის მეთოდების დახასიათება დაეხმარება არა მარტო აკადემიურ პერსონალს, არამედ უშუალოდ დიზაინერებს. ნაშრომში მოცემული მეთოდების მრავალფეროვნება და მათი არსი ითვალისწინებს არა მარტო არქიტექტორებისა და დიზაინერების მოღვაწეობის თავისებურებებს, არამედ აქ მოყვანილი მასალა სრულიად ყველანაირი საინჟინრო შემოქმედებისთვის მოიცავს საჭირო მეთოდების მიმართ სისტემურ მიდგომებს.

საკვანძო სიტყვები: გრაფიკული და პლასტიკური მოდელირება; დიზაინი; საინჟინრო პროექტები.

შესავალი

პლასტიკური მოდელირების უნარების გამოყენება აქტიური იარაღია დიზაინური პროექტირების მეთოდოლოგიაში. მუშაობის მრავალწლიანმა გამოცდილებამ არქიტექტურული დიზაინის მიმართულებაში საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა მათი ტიპოლოგია. იგი ძირითადი სამოდელო ინსტრუმენტების გამოყენების საფუძველზეა აგებული და მის ისეთ ორ მთავარ ტიპს ავლენს, როგორებიცაა დასაპროექტებელი ობიექტის გრაფიკული და პლასტიკური მოდელირება. გრაფიკული მოდელირება ემყარება პლასტიკური ენის ძირითად ელემენტებთან მუშაობის უნარს, როგორებიცაა ხაზი, ტონი, ტექსტურა, ფერი, გრაფიკულ მასალები და მათი შესრულების ტექნოლოგიები. ამავდროულად, გრაფიკული მოდელირების სტრუქტურა

უკავშირდება დიზაინის პროცესის თანამიმდევრობას და მოიცავს ორ სტადიას - გრაფიკული ანალიზი და თავად გრაფიკული მოდელირება.

თავის მხრივ, გრაფიკული მოდელის ანალიზი შეიძლება სტრუქტურირებული იყოს მისი მიზნების შესაბამისად. პირველ რიგში, ეს შეიძლება იყოს საპროექტო ობიექტის ანალიზი, რომლითაც განისაზღვრება ობიექტის, სიტუაციის ან პლასტიკური ფენომენის კომპოზიციური მოწყობილობა, მათი პლასტიკური ბუნების გამოვლენა ან ე.წ. პლასტიკური ეკვივალენტის შექმნა, რაც გრაფიკული დიზაინის გარდამავალი ეტაპია. პლასტიკური ეკვივალენტის შექმნა გულისხმობს არქიტექტორის მიერ შემოქმედების ახალი პროდუქტის მხატვრულ ინტერპრეტაციას.

როგორც წესი, პლასტიკური მოდელირებისას გამოიყენება ოთხი ძირითადი ქმედება: მასალის შერჩევა, საგნის შერჩევა, სამაკეტო ტექნოლოგიები და მაკეტის დემონსტრირებისთვის საჭირო მეთოდების გამოყენება. პროექტის მოდელის შექმნის უმარტივესი კომპოზიციური პრობლემების გადაწყვეტის დასაჩქარებლად უმთავრესად გამოიყენება ისეთი მასალები, რომლებსაც აქვს გამოხატული ფორმა, სტრუქტურა და ტექსტურა. ეს მასალებია ხის, ლითონის, ქვის, პლასტმასის, მინის, მუყაოს, ქაღალდის და ა.შ. ფრაგმენტები. აქ ჩამოთვლილ მასალებს აქვს საკმარისი მატერიალურობა და მათი გამოყენებით შესაძლებელია პლასტიკური ენის ისეთი ელემენტების მოდელირება, როგორებიცაა ხაზი, მოცულობა და საპროექტო სივრცე. შესაბამისად, მასალების სწორი შერჩევით მიიღწევა ობიექტის მოცულობით-სივრცითი გადაწყვეტის მოდელის წარმატებული რეალიზაცია.

რაც შეეხება საკუთრივ ობიექტის დაპროექტებას და მოდელირებას, მისი რეალიზაცია დაკავშირებულია მრავალმხრივ მიდგომასთან, რომელთა დახასიათება მოცემულია ქვემოთ. მოცემული მეთოდების მრავალფეროვნება და მათი მახასიათებლები დაკავშირებულია არა მარტო არქიტექტორებისა და დიზაინერების მოღვაწეობის თავისებურებებთან, არამედ მოყვანილი მასალა სრულიად მოიცავს ყველანაირი საინჟინრო შემოქმედებისთვის საჭირო მეთოდების მიმართ სისტემურ მიდგომებს.

ძირითადი ნაწილი

დიზაინერის შემოქმედებაში პროექტირების მეთოდები სათანადო მოქმედებების კრებულაა, რომლებიც გამოიყენება დიზაინის პროცესის მოსაწესრიგებლად და გასაადვილებლად. აღნიშნული მეთოდები ასახავს დიზაინერის საქმიანობის ტექნიკისა და მეთოდების განმეორებას. შესაბამისად დიზაინმოდელის შექმნისას ეს მეთოდები იქნება წარმოდგენილი, როგორც დიზაინერის მუშაობის წესები. აქ უნდა გამოიკვეთოს ის ფაქტი, რომ მოცემული ამოცანის გადაწყვეტა დაკავშირებულია არა მარტო შემოქმედებით მოღვაწეობასთან, არამედ საპროექტო ობიექტის დიზაინი მნიშვნელოვნად დაკავშირებულია ამ ობიექტის ეკონომიკურ მიზანშეწონილობასთან, მის გამოყენებასა და გამოყენებული მასალების ხელმისაწვდომობასთან. ასე, რომ დიზაინერული მოღვაწეობა დაკავშირებულია მრავალმხრივი მიდგომების რეალიზაციასთან, რაც განაპირობებს დასმული მიზნის წარმატებით მიღწევას.

დიზაინისა და პროექტირების მეთოდები

ევრისტიკული ანალოგია

ეს არის შემეცნებისა და კრეატიულობის მეთოდი, რომელიც ემყარება სხვადასხვა ობიექტისა და ფენომენის მსგავსების ძებნასა და გამოყენებას. ევრისტიკული ანალოგიის საფუძველია საპროექტო ობიექტის ობიექტური კავშირებისა და რეალობის ურთიერთობების შედარება. ანალოგებს შორის განასხვავებენ ტრივიალურს - კარგად ცნობილს და ევრისტიკულს - როდესაც სასურველი რეზულტატი მიიღება ძიების და მოულოდნელი შედეგის მიღების საფუძველზე. ევრისტიკული ანალოგის გამოყენება ხელს უწყობს საკამათო დიზაინის სიტუაციაში მოცემულ წინააღმდეგობათა აღმოფხვრას, როდესაც, მოცემული დავალებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს შემდეგი ტიპის ანალოგები: 1. პირდაპირი (ისინი ხშირად გვხვდება ბიოლოგიურ სისტემებში - მწერი, ცხოველი, ჩიტი და ა.შ.); 2. სუბიექტური (დამყარებული დიზაინერის საკუთარ წარმოდგენებსა და განცდებზე); 3. სიმბოლური (აქ გამოიყენება მეტაფორები და შედარებები, სადაც ერთი საგნის ხასიათი იდენტიფიცირდება სხვა საგნის მახასიათებლებთან); 4. ფანტასტიკური (საგნის ისეთი წარმოდგენა, რომელიც არ არსებობს, მაგრამ როგორც გვსურს, რომ დავინახოთ).

აგრეგაციის მეთოდი

ამ მეთოდის მხატვრული კონსტრუირებისას პროდუქტი განიხილება როგორც ობიექტი, რომელიც იყოფა დამოუკიდებელ კვანძებად, რომელთა კომბინაციებს შეუძლია შეასრულოს ერთი და იგივე ფუნქცია ან ხელახალი შეთანწყობისას შეუძლია

შეცვალოს საპროექტო ობიექტის სამუშაო ფუნქციები. ნათქვამის შემთხვევაში, გარდაიქმნება ობიექტის ფორმა და, შესაბამისად, შეიცვლება პროდუქტის სივრცითი სტრუქტურა და სივრცეში განთავსების ადგილი, ოღონდ ობიექტის შემადგენელი საკვანძო ერთეულების რაოდენობა დარჩება იგივე, შეიცვლება მხოლოდ მათი პოზიცია სივრცეში. ამ მეთოდის გამოყენებისას დიზაინერის ყურადღება უმთავრესად გამახვილებულია ინდივიდუალური ერთეულების დამუშავებაზე, თუმცა მან ყოველთვის უნდა გაითვალისწინოს დასაპროექტებელი პროდუქტის მთლიანი სტრუქტურა. პროდუქტის გარე ფორმა და შიგა სტრუქტურა (დიზაინი) დაკავშირებული უნდა იყოს ობიექტის ფუნქციურ დანიშნულებასთან და, შესაბამისად, აქ უნდა იყოს ობიექტის დიზაინის შერწყმა, სადაც გათვალისწინებული იქნება მისი როგორც ფუნქციური, ისე კომპოზიციური ასპექტები. აგრეგაციის მეთოდი ობიექტის პროექტების მიმართ ითვალისწინებს ერთიან ფუნქციურ-კომპოზიციურ მიდგომას.

ასოციაციურობის მეთოდი

ეს არის დიზაინის იდეის ფორმირების მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ერთმანეთისაგან შორს მყოფი ფენომენების, საგნების თვისებების შედარებაზე. ამავდროულად, ასოციაციები განსხვავდება ერთმანეთთან მსგავსებით და კონტრასტით. უნდა აღინიშნოს ის, რომ დიზაინერის მეხსიერების ფონდიდან აღებული ასოცირებული წარმოდგენები დაკავშირებულია სხვადასხვა ობიექტის წარმოსახვითი მახასიათებლების მიზნობრივ ურთიერთკავშირთან, რომელიც ასოციაციის მე-

თოდს ქმნის, როგორც პროდუქტიული დიზაინისა და ტრანსფორმაციული საქმიანობის საფუძველს და საპროექტო მოდელის კონსტრუქციაში იწვევს ახალი ურთიერთკავშირების გახსნას.

გარემოს შესწავლისა და აღქმის მეთოდი

მეთოდი დაკავშირებულია საპროექტო დავალებების გააზრებასთან მომხმარებლის წინასწარგანსაზღვრული რეაქციის გათვალისწინებით. სამომხმარებლო მოდელის შექმნისას პროექტის ავტორს კარგად უნდა ესმოდეს, რომ უნდა მოხდეს დიზაინის შედეგი – არა მარტო ადამიანების სულიერი და პრაქტიკული ქცევის წინასწარმეტყველება, არამედ შექმნილ პროდუქტთან დაკავშირებით მომხმარებელთან ორხმრივი კომუნიკაციის ჩამოყალიბება თანასწორუფლებიანობის საფუძველზე. ნათქვამთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს მომხმარებელთან ურთიერთობის ორი ძირითადი მიმართულება. ეს მიმართულებებია გარემოსა და დიზაინის ობიექტის ურთიერთკავშირი, რომლებიც უნდა ჩამოყალიბდეს საგნების აქტიური აღქმის, შერჩევისა და შეფასების პროცესში. ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მომხმარებელს თავისი ინდივიდუალური თვისებების საფუძველზე შეუძლია ობიექტის შემოთავაზებულ გარემოში მისი ფუნქციონირების სტილის ემოციური წარმოსახვა. მეორე ითვალისწინებს გარემოში ინდივიდუალური საქმიანობის სტილის შეცვლას და მის მიმართ ემოციური და ესთეტიკური დამოკიდებულებების ახალი ტიპების ფორმირებას. პროდუქტიული დიალოგი დიზაინერსა და მომხმარებელს შორის წარმოებს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მათი

აზროვნების მიმართულებები საერთოა და კონსოლიდირებული.

„გონებრივი შტორმის“ (Brain Storming) მეთოდი

ეს არის შემოქმედებითი საქმიანობის აქტიურობისა და პროდუქტიულობის სტიმულირების მეთოდი, რომელიც დიზაინერს ათავისუფლებს ტრივიალურ პირობებში თანდაყოლილი შეზღუდვებისა და რუტინული მუშაობის მეთოდების გამოყენებისაგან. როგორც წესი, ჩვეულებრივ სიტუაციებში გადაწყვეტილების მიღების სტერეოტიპები და წარუმატებლობის შიში ხელს უშლის ყველა სახის ინოვაციური იდეების გაჩენას. აქ აზროვნების დამამუხრუჭებელი ფაქტორების მოცილება წარმოებს "გონებრივი შტორმის" მეთოდის გუნდური მუშაობით, რომლის თითოეული წევრი საუბრობს მოცემულ თემაზე და აყენებს სხვადასხვა იდეას, მათ არ აფასებს როგორც ჭეშმარიტს ან მცდარს, რა "ველურადაც" არ უნდა გამოიყურებოდეს იდეა. აღნიშნულის შემდეგ, გაანალიზდება ყველა წარმოთქმული იდეა და მათ შორის შეირჩევა ყველაზე წარმატებული გადაწყვეტილება. "გონებრივი შტორმი" საშუალებას იძლევა სწრაფად დაგროვდეს მთელი რიგი წინადადებები, რაც საკმარისია იმისთვის, რომ მოინახოს ოპტიმალური საპროექტო წინადადება. "გონებრივი შტორმის" მეთოდს შეუძლია განიხილოს ნებისმიერი პრობლემა, თუ ეს მარტივად და ნათლად არის ჩამოყალიბებული. ეს მეთოდი გამოიყენება დიზაინის ნებისმიერ ეტაპზე - როგორც დასაწყისში, როდესაც პრობლემა ჯერ არ არის განსაზღვრული და მოგვიანებით, როდესაც უკვე გამოვლენილია სპეციფიკური ქვეპრობლემები.

პროექტოგრაფიის მეთოდი

საპროექტო-გრაფიკულ (პროექტოგრაფია) მეთოდში იგულისხმება, თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე, ფიგურებზე, პროპორციებსა და მათ წარმოსახვაზე მუშაობის მაღალტექნოლოგიური ინსტრუმენტი. პროექტოგრაფია შემოქმედებით ნამუშევარს აძლევს მეცნიერული აზროვნების ახალ ხარისხს, რომელიც კომბინირებული აზროვნების გამოყენების საფუძველზე ახდენს სამგანზომილებიანი სივრცული მოდელიდან ორგანზომილებიანზე გადასვლას, ნახაზის სპეციალურად მოწესრიგებულ ველზე გამოსახვას, კონკრეტული მეტრული ეფექტის მიცემას, რაც წარმოსახვითი მოდელებისა და გარემოს გაშიფვრის მთავარი გასაღებია. აქვე უნდა ითქვას, რომ კომპიუტერის "მეხსიერებაში" ასევე ინახება ფორმის მრავალმხრივი სივრცული პლასტიკური გადაწყვეტილებები.

სტრუქტურული მოდელირების მეთოდი

ეს არის მეთოდი, როდესაც პირველადი მოდული ელემენტების თავისუფლად შეთანწყობილი სისტემები გამოიყენება სტრუქტურულ კომპლექსებში, რომლებიც ხასიათდება მრავალფეროვანი კონფიგურაციით და კავშირებით. სტრუქტურული მოდელირების მეთოდი გამოიყენება მოქნილი, განვითარებისთვის განკუთვნილი ისეთი სტრუქტურული სისტემების შექმნისთვის, რომელთაც აქვს „ურთიერთკავშირების გამოხატული თვისებების“ კომპოზიციური უნარი. მეთოდი ჰარმონიულად აკავშირებს ინდუსტრიულ წარმოებაში არსებული უნიფიკაციის მოთხოვნებს, ინდივიდუალურ კომპოზიციურ გადაწყვეტილებებს და არის

მრავალფეროვანი და სივრცითი წარმონაქმნების ორგანიზების მოქნილი საშუალება.

სცენარის მოდელირების მეთოდი

ამ მეთოდით იქმნება დასაპროექტებელი ობიექტის არსის შემუშავების გარემოს გრაფიკული ფორმა, რაც ასახავს სისტემის მომავალ მდგომარეობას, მისი წარმოქმნის ლოგიკურ თანამიმდევრობას, ინდივიდუალური სიტუაციების ეტაპობრივად (მიზანსცენები) განლაგებას. უფრო მეტიც, ზოგიერთ შემთხვევაში, აქ მნიშვნელოვანია დროის ფაქტორი და მოვლენების დაკავშირება, რომლებიც ობიექტის დაპროექტების საფუძველია, როდესაც წარმოებს სიტუაციისა და გარემო პირობების შესაძლო ვარიანტების თვისებრივი აღწერა.

შემთხვევითობისა და ასოცირების მეთოდი

ამ მეთოდის საფუძველზე წარმოებს შემთხვევითი აღმოჩენების შეგნებული გამოყენება, რომლებიც წარმოქმნება ობიექტის პროექტირებისას ასოცირებული მიდგომის შედეგად.

შემოქმედებითობის მეთოდი

პროფესიული აზროვნების სტრუქტურული ორგანიზების გამოყენების საფუძველზე გარემოს მხატვრული გამოხატვა, რომელიც, სტილისგან განსხვავებით, განასახიერებს თვით არქიტექტურულ და საპროექტო ობიექტების შექმნის კანონებს, დასაპროექტებელი ობიექტის მიმართ ქმნის შემოქმედებითი მეთოდის გამოყენების პრინციპებს. ამ პოზიციიდან შემოქმედებითი მეთოდი და სტილი ორგანულადაა დაკავშირებული და გამოიყენება ცნობილი სპეციალისტების მიერ, რომელთა ნამუშევ-

რეზიუმეში ჩადებულია ავტორების პროფესიული გამოცდილება და სტილი და გამოირჩევა გაზრდილი ცნობადობით.

"სენექტიკური" მეთოდი

ეს არის ისეთი საპროექტო აქტივობა, რომელიც მიზანმიმართულად იყენებს სხვადასხვა სახის კრეატიულ მექანიზმებს, ძირითადად სხვადასხვა სახის ანალოგებს აზროვნების სპონტანური საქმიანობის მიზანმიმართულად წარმართვისთვის. "სენექტიკური" მეთოდის საფუძველზე წარმართული კრეატიული საქმიანობა, როგორც წესი, გამოწვეულია შიგამიზებით, როგორცაა აზროვნების ან იდეის თვითგამოხატვის აუცილებლობა და წარმოებს სპონტანურად გარე ფაქტორების გავლენების გარეშე.

ფუტუროლოგიური მეთოდი

ეს არის კრეატიული მეთოდის სახე, რომელიც ორიენტირებულია არა მხოლოდ საგნობრივ-სივრცული გარემოს რეალიზებული ფორმებისა და განვითარების გზების პროგნოზირებაზე, არამედ თვით დიზაინერისთვის აუცილებელია, როგორც ახალი სტილების იდეების სტიმულატორი და კატალიზატორი, რადგან უარს ამბობს "პროტოტიპების მიხედვით" დიზაინის შექმნაზე. ამ შემთხვევაში იხვეწება აზროვნების ორიგინალობა, პრობლემების წარმოქმნის უნარი და ნებისმიერი სიტუაციის მოდელირება. ფუტუროლოგიის ჟანრები და ტიპებია უტოპია და ანტიუტოპიური პროექტები, ჰიპოთეზები, ალტერნატივები, როგორც გარემოს ცალკეული საგნები და ფრაგმენტები. ფუტუროლოგიური კვლევის საგანი შეიძლება იყოს ტექნიკური მიზანშეწონილობა, ნივთის თვისებები, მომხმარებელთა მოთხოვნები, სტრუქტურული და მორფოლოგიური მახასიათებ-

ლები, ექსპერიმენტები ფორმის, სტილისა და გამოსახულების სფეროში.

სინგულარობის მეთოდი

ამ მეთოდის საფუძველზე წარმოებს ინდივიდუალური საგნების ან მათი მცირე კვანძებისა და კომპლექსების დიზაინური პროექტების შედგენა. მეთოდის კონცეფცია და დიზაინერის საქმიანობის მხატვრული პრინციპი ამ შემთხვევაში მეთოდურად ყოველთვის არ არის ჩამოყალიბებული და დოკუმენტირებული, თუმცა ეს არ ნიშნავს იმას, რომ ისინი არ არსებობს. ისინი დიზაინერთან პირდაპირ და აშკარად შედიან კონფლიქტში შეკვეთის მიღების მომენტიდან და წინადადების ჩამოყალიბებამდე, მათი სპეციფიკური ვიზუალური გამოსახულების პოვნისას ტექნიკურ დავალებაში, დიზაინის წინასწარ ანალიზში, ესკიზის შემოთავაზებასა და სხვა საპროექტო მასალებში. ამ შემთხვევაში, დიზაინერი შეიმუშავებს ობიექტს მარტო ან თანამოაზრეების მცირე გუნდთან ერთად, რომელიც თავის წევრებთან უშუალო კომუნიკაციით აგვარებს მოქმედებების კოორდინაციასა და მუშაობის ორგანიზების პრობლემებს.

ჩიხური სიტუაციის აღმოფხვრა

ჩიხური სიტუაციის აღმოფხვრისას დიზაინერი ყურადღებას ამახვილებს სამიზო სივრცის იმ დეტალებზე, რითაც წარმოიშობა შეცდომები ან არასწორი ვარაუდები საპროექტო გადაწყვეტილების მიღების დროს. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ტექნიკა, რომელიც ამცირებს აზროვნების ფსიქოლოგიურ ინერციას და ხდება დაშვებული შეცდომის გამოსწორების მარტივი განხორციელება (მაგალითად, "წამყვანი" კითხვების კონტროლის მეთოდი),

როდესაც წარმოებს არსებული არადამაკმაყოფილებელი გადაწყვეტის ნაწილებს შორის ახალი ურთიერთობების მიება; საპროექტო გადაწყვეტილების გადამოწმება ხდება სირთულის მატარებელი სიტყვების, მათი სინონიმების შეცვლის გზით და, შესაბამისად, შექმნილ სიტუაციაში ღრმა ანალიზის ჩატარების გზით, რაც განაპირობებს რაც შეიძლება მეტი გადაწყვეტილების შეთავაზებას.

კომბინატორიკა

არის საპროექტო ობიექტის ფორმის ჩამოყალიბების მეთოდი მრავალფეროვანი სივრცითი დიზაინის ობიექტის ფუნქციური და გრაფიკული სტრუქტურების კანონების გამოყენების საფუძველზე. კომბინატორიკის სპეციფიკური ბუნება შესაძლებელს ხდის კონსტრუქციული ელემენტების სხვადასხვა გზით მონახვას და გამოყენებას. კომბინატორიკის წყალობით, ჩვენს გარშემო არსებული ფორმები არა მხოლოდ უსაზღვროდ მრავალფეროვანია, არამედ ეკონომიკურად მოწყობილი, რადგან ბევრი მათგანი აწყობილია განხილული ელემენტების კომბინაციისაგან. კომბინატორიკა არის მექანიზმი, რომელიც, გარკვეული წესების თანახმად, წარმოქმნის ფორმების მრავალფეროვნებას დიზაინერის მიერ დანიშნული თვისებებით, რომლებიც შეიძლება იყოს ფუნქციური და შინაარსობრივი.

ექსპერტიზის მეთოდი

პროექტის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი თავისებურების შეფასებისას გამოიყენება ექსპერტიზის სხვადასხვა მეთოდი, რომელთა საფუძველზე წარმოებს სადიზაინერო პროექტის მართვა და მათი შემდგომი კორექტირება. აღნიშნული მეთოდების შესახებ მოცემულია ნაშრომებში [1], [2].

როგორც აღვნიშნეთ, საპროექტო წინადადების რეალიზაციისას პლასტიკური მოდელირება ერთ-ერთი მძლავრი მეთოდია, რომლის გამოყენება, გრაფიკულ მეთოდთან ერთად, განსაზღვრავს საპროექტო მოდელის სხვადასხვა პერსპექტივიდან დანახულ 3D ობიექტის კომპოზიციას, რაც საკმარისად აიოლებს მაყურებლისთვის ნამუშევრის აღქმას, განსაკუთრებით მათთვის, ვისაც არ გააჩნია გამოცდილება არქიტექტურაში.

პლასტიკური მოდელირებისას უმთავრესია, რომ თავდაპირველად ავტორმა გაითავისოთ ობიექტის მოდელის ბუნება და ზომა. თუ იდეა ძირითადად დაკავშირებულია მოდელის ფორმასთან, მაშინ საჭიროა ფოკუსირება მოხდეს საბაზო მასალაზე, რომელიც საუკეთესოდ აჩვენებს თქვენს ფორმას, იმის მიუხედავად, თუ როგორ გამოიყურება იგი შიგნიდან. ზოგიერთი სხვა პროექტის, მაგალითად, სახლის მოდელირების შემთხვევაში, შესაძლებელია საჭირო გახდეს ისეთი არქიტექტურული მოდელის დამზადება, რომელიც აჩვენებს ფასადების დიზაინსა და ფრაგმენტების შიგა განლაგებას. ამრიგად, აქ უფრო დეტალებთან გვექნება საქმე. თუ მაგალითად, ეს არის ბინის მოდელი, მაშინ შიგნით უნდა განლაგდეს ყველაფერი, რაც მნიშვნელოვანია ბინის შიგა მოწყობილობისთვის. ურბანული დიზაინის მოდელები სრულიად განსხვავებული შემთხვევაა. აქ საჭიროა მთელი უბნის მოდელირება, ამიტომ მოდელში არქიტექტურული ელემენტებისთვის საჭირო დეტალების დონე უნდა იყოს გაცილებით ნაკლები. 1-ელ სურ-ზე ნაჩვენებია მოდელი, სადაც მოცემულია თბილისში მშენებარე „ორთაჭალის ტურფის“ კომპლექსის მაკეტი, ხოლო მე-2 სურ-ზე - ინტერიერის მაკეტის მაგალითი.



სურ. 1. კომპლექსის ცენტრალური ნაწილის ხედი



სურ. 2. ინტერიერის მაკეტი

N	საერთაშორისო მასშტაბი	მოდელის სახე
1	1:10	ინტერიერის ფრაგმენტები/ავეჯი
2	1:20	ინტერიერის ფრაგმენტები/ავეჯი
3	1:50	ინტერიერის ფრაგმენტები/იატაკი და მისი სხვადასხვა დონე
4	1:100	შენობის მოდელი/მაკეტი
5	1:500	შენობის მაკეტი/ შემოგარენი
6	1:1000	ურბანული მაკეტებისთვის
7	1:1250	მონაკვეთის გეგმა
8	1:2500	უბნის გეგმა/ქალაქის გეგმა

იმ მიზნით, რომ მოდელის სტრუქტურული ერთეულების და მოდელის ფრაგმენტების შეთანწყობა მოხდეს მიღებული წესის მიხედვით, ისინი უნდა აკმაყოფილებდეს ცხრილში მოცემულ ზოგადად დაწესებულ სტანდარტებს.

დასკვნა

დიზაინს ქმნიან ადამიანები, რომლებიც განუყოფლად არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან, სადაც სინთეზირებულია ისტორია, კულტურა, გეოგრაფია, ინდივიდუალურობა და ა.შ. დიზაინის ინჟინერიაში ძალიან მნიშვნელოვანია დიზაინერის ანალიზური მოქმედება, პროფესიული შეფასება, მომხმარებელთა აზრი. დიზაინერმა ხარისხობრივად უნდა ჩამოაყალიბოს დიზაინის კონცეფცია,

მკაფიოდ განსაზღვროს მიზნები, ამოცანები, დიზაინის მეთოდები და დააკმაყოფილოს საზოგადოების საჭიროებები, ასევე საჭიროა, რომ მოხდეს საპროექტო ობიექტის სემანტიკური თანხვედრა სამყაროსთან, რომელიც დიზაინის ობიექტს გადაეყვეს სოციოკულტურულ პროექტად. სემანტიკური სამყაროს სიმბოლურ-კომუნიკაციური ბუნება განსაზღვრავს სოციოკულტურული სივრცის აგების გზებს.

ნაშრომში დეტალურადაა აღწერილი და სისტემაშია მოყვანილი დიზაინის შემოქმედებითი პროცესი, რომელიც არქიტექტორს დაეხმარება მის წინაშე დასახული ამოცანის წარმატებით შესრულებაში.

ლიტერატურა

1. Salukvadze G., Tatarishvili T., Tavkheldidze M. Analysis and expertise of ecologically oriented investment of urban construction projects. GTU Works. N1 (483). 2012. (In Georgian).
2. Tavkheldidze M., Tatarishvili T. Using median methods in the analysis and expertise of invested urban development projects. GTU journal “Business Engineering”. 1 (2). 2012. (In Georgian).
3. Orlov A. Expert estimates. M.: “Ekzamen”. 2002. (In Russian).
4. Levin L. Architectural-plastic modeling. Textbook. Nizhny Novgorod. 2016. (In Russian).

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-139-149>

Plastic design and design criteria in architecture

Manana Tavkhelidze Department of Fundamentals of Architecture and Theory, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

Reviewers:

Z. Titvinidze, Professor, Faculty of Architecture, Urban Planning and Design, GTU
E-mail: z.anadeli@yahoo.com

Z. Mikiashvili, Professor, International Design School, GTU
E-mail: g.mikiashili@gtu.ge

Abstract. Designing and modeling architectural objects are related to a complex approach. The present paper is dedicated to use of problem-solving methods for designers, which will greatly help not only teachers but also designers directly. The variety of methods given in the paper and their essence take into account not only the peculiarities of the work of architects and designers, but also the material presented here fully includes systemic approaches to the methods required to solve various types of engineering problems.

Key words: Design; engineering projects; graphical and plastic modeling.

UDC 72

SCOPUS CODE 2216

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-139-149>

Пластический дизайн и критерии проектирования в архитектуре

Манана Тавхелидзе Департамент архитектурных основ и теорий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: mananiko@studiaarci.ge

Рецензенты:

З. Титвинидзе, профессор факультета архитектуры, урбанистики и дизайна ГТУ
E-mail: z.anadeli@yahoo.com

З. Микишвили, профессор Международной школы дизайна ГТУ
E-mail: g.mikiashili@gtu.ge

Аннотация. Проектирование и моделирование архитектурных объектов связано с многогранным подходом. Данная статья посвящена использованию методов решения проблем для дизайнеров, которые в значительной степени помогут не только учителям, но и дизайнерам напрямую. Разнообразие методов, приведенных в статье, и их сущность учитывают не только особенности работы архитекторов и дизайнеров, но и представленный здесь материал полностью включает системные подходы к методам, необходимым для решения различных видов инженерных задач.

Ключевые слова: графика и пластическое моделирование; дизайн; проекты.

განხილვის თარიღი 25.06.2020

შემოსვლის თარიღი 30.06.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.17.2020

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-150-188>**ზოგიერთი საინტერესო ამოცანა რიცხვთა კლასიკური თეორიიდან**

ზურაბ აღდგომელაშვილი მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: diophant_zura@rambler.ru

რეცენზენტები:

ალ. კირთაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: kirtadze2@yahoo.com

ქ. შავგულიძე, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი
E-mail: ketevan.shavgulidze@tsu.ge

ანოტაცია. მნიშვნელოვანია p და q მარტივ რიცხვთათვის $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის იმ მარტივ გამყოფთა რაოდენობის დადგენა, რომლებიც p -ზე ნაკლებია. ამ მიზნით განვიხილოთ თეორემები:

თეორემა 1. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხვებია და $p = 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც;

თეორემა 2. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხვებია და $p < 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის ყველა მარტივი გამყოფი მეტია p -ზე;

თეორემა 3. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და $p \in N \setminus \{1\}$, $p \in [1; q] \cup [q + 2; 2q]$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან თითოეული მეტია p -ზე;

თეორემა 4. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და $p \in \{q + 1; 2q + 1\}$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან, მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც.

ამოცანა 1. ამოვხსნათ განტოლება $2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ ნატურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

ამოცანა 2. ამოვხსნათ განტოლება $3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ ნა-

ტურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

ამოცანა 3. ამოვხსნათ განტოლება $p^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$,

სადაც $p \in \{6; 7; 11; 13; \dots\}$ მარტივი რიცხვია $x, y \in N$ და y მარტივია.

ქვემოთ მოცემული ლემის მეშვეობით ადვილად ამოიხსნება ამოცანათა კლასი:

ლემა •. ვთქვათ, $a, b, n \in N$ და $(a, b) = 1$. დავამტკიცოთ, რომ თუ $a^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$ ან $b^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$, მაშინ $|a - b| = 1$.

ამოვხსნათ განტოლებები (I – X) ნატურალურ x, y რიცხვებში:

$$I. \left(\frac{x+y}{2}\right)^z = x^z - y^z;$$

$$VI. (x+y)^{x-y} = x^y;$$

$$II. (x+y)^z = (2x)^z + y^z;$$

$$VII. (x+y)^{x-y} = y^x;$$

$$III. (x+y)^z = (3x)^z + y^z;$$

$$VIII. (x+y)^y = (x-y)^x, (x > y);$$

$$IV. (y-x)^{x+y} = x^y, (y > x);$$

$$IX. (x-y)^{x+y} = x^{x-y};$$

$$V. (y-x)^{x+y} = y^x, (y > x);$$

$$X. (x+y)^{x-y} = (x-y)^x, (y > x).$$

თეორემა *. თუ $a, b \in N$ $(a, b) = 1$, მაშინ $(a^2 + ab + b^2)$ -ის ყოველ გამყოფს აქვს ასეთივე სახე.

შემოტანილია ფსევდოფიბონაჩის რიცხვების ცნება და ნაპოვნია მათი ზოგიერთი თვისება.

საკვანძო სიტყვა ფსევდოფიბონაჩის რიცხვები.

შესავალი

განტოლებათა მთელ რიცხვებში ამოხსნა წარმოადგენს მათემატიკის ერთ-ერთი ულამაზესი ნაწილია. დროთა განმავლობაში გროვდებოდა კონკრეტული დიოფანტური განტოლებების ამოხსნის მრავალი წესი, მაგრამ მათი გამოკვლევის ზოგადი მეთოდები მხოლოდ XX საუკუნეში შეიქმნა. 1900 წელს მათემატიკოსთა მეათე საერთაშორისო კონგრესზე, რომელიც პარიზში ჩატარდა, ცნობილმა გერმანელმა მათემატიკოსმა დ. ჰილბერტმა თავის მოხსენებაში ჩამოაყალიბა 23 ძირითადი მათემატიკური პრობლემა. ჰილბერტის მეათე პრობლემას ეწოდა „დიოფანტური განტოლებების ამოხსნის ამოცანა“, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობდა: მოცემულია მთელკოეფიციენტებიანი დიოფანტური განტოლება რამდენიმე უცნობით. არსებობს თუ არა ალგორითმი სასრული რაოდენობის ოპერაციებისა, რათა მოცემული განტოლება ამოიხსნას მთელ რიცხვებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ რიცხვთა თეორიის სპეციალისტებმა იპოვეს მრავალი დიოფანტური განტოლების ამოხსნის მეთოდი და დაადგინეს ბევრი მათგანის ამოხსნის შეუძლებლობა, მაგრამ ზოგადი მეთოდის მოძებნა მაინც მოხერხდა. ჰილბერტის მიერ იყო დასმული ამოცანა უნივერსალური მეთოდის არსებობის შესაძლებლობის შესახებ. ცნობილმა რუსმა მათემატიკოსმა ი.მატიასევიჩმა 1970 წელს

დაამტკიცა, რომ ასეთი ზოგადი წესი არ შეიძლება არსებობდეს.

ვაჩვენოთ, რომ ერთი უმარტივესი ლემის მეშვეობით ადვილად ამოიხსნება მთელ ამოცანათა კლასი;

გარდა ამისა, დასმულია ამოცანა $\frac{p^q - 1}{p - 1}$ სახის გამო-

სახულების თვისებების შესწავლისა, სადაც p და q მარტივი რიცხვებია, შესწავლილია $a^2 + ab + b^2$ სახის გამოსახულების გარკვეული თვისებები და ა.შ.

ნაშრომში განხილულია შემდეგი საკითხები:

- დიდ ინტერესს იწვევს p და q მარტივ რიცხვთათვის $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის იმ მარტივ გამყოფთა რაოდენობის დადგენა, რომლებიც ნაკლებია p -ზე. ამ მიზნით განვიხილოთ თეორემები:

თეორემა 1. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხვებია და $p = 2q + 1$. მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც;

თეორემა 2. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხვებია და $p < 2q + 1$. მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის ყველა

მარტივი გამყოფი მეტია p -ზე;

თეორემა 3. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და $p \in N \setminus \{1\}$, $p \in [1; q] \cup [q + 2; 2q]$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან თითოეული მეტია p -ზე;

თეორემა 4. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და

$$p \in \{q + 1; 2q + 1\}, \text{ მაშინ } A = \frac{p^q - 1}{p - 1} \text{ რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან, მხოლოდ ერთია } p\text{-ზე ნაკლები. } A\text{-ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც.}$$

ამოცანა 1. ამოვხსნათ განტოლება $2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ ნატურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

ამოცანა 2. ამოვხსნათ განტოლება $3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ ნატურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

ამოცანა 3. ამოვხსნათ განტოლება $p^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$, სადაც $p \in \{6; 7; 11; 13; \dots\}$ მარტივი რიცხვია $x, y \in N$ და y მარტივია.

მოყვანილია ლემა, რომლის მეშვეობითაც ადვილად ამოიხსნება ამოცანათა კლასი:

ლემა •. ვთქვათ $a, b, n \in N$ და $(a, b) = 1$. დავამტკიცოთ, რომ თუ $a^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$ ან $b^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$, მაშინ $|a - b| = 1$.

ამოვხსნათ განტოლებები (I - X) x, y ნატურალურ რიცხვებში:

I. $\left(\frac{x + y}{2}\right)^z = x^z - y^z$;

$$\text{VI. } (x + y)^{x - y} = x^y$$

$$\text{VII. } (x + y)^{x - y} = y^x$$

$$\text{II. } (x + y)^z = (2x)^z + y^z$$

$$\text{III. } (x + y)^{x - y} = x^y$$

III. $(x + y)^z = (3x)^z + y^z$;

VIII. $(x + y)^y = (x - y)^x$, $(x > y)$;

IV. $(y - x)^{x+y} = x^y$, $(y > x)$;

IX. $(x - y)^{x+y} = x^{x-y}$;

V. $(y - x)^{x+y} = y^x$, $(y > x)$;

X. $(x + y)^{x-y} = (x - y)^x$, $(y > x)$.

ჩასმით მივიღებთ

$$(2q+1)^q - 1 = 2q^{t+1}. \quad (2)$$

ნიუტონის ბინომის ფორმულის გამოყენებით

(2)-დან

$$(2q)^q + C_q^1(2q)^{q-1} + \dots + C_q^{q-1} = 2q^{t+1}. \quad (3)$$

(3)-ის მარცხენა მხარე უნაშთოდ იყოფა $2q^2$ -ზე

და არ იყოფა $2q^3$ -ზე, ამიტომ $t+1 \leq 2 \Leftrightarrow t \leq 1$, ე.ი.

(2)-დან გვქვია

$$(2q+1)^q - 1 > (2q)^q > 2q^2 \geq 2q^{t+1}. \quad (4)$$

(4)-იდან გამომდინარე, A -ს (1) სახით წარმოდგენა შეუძლებელია.

$$\begin{cases} p-1 = 2q \\ \left(\frac{p^q-1}{p-1}, p-1\right) = (p-1, q) = (2q, q) = q \\ A = 1 + p + p^q + \dots + p^{q-1} = \frac{p^q-1}{p-1} > p-1 = 2q \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A \equiv 0 \pmod{q}, \\ A > 2q. \end{cases} \quad (5)$$

(1) და (5)-დან გამომდინარე A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი. ახლა ვთქვათ, $A = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_k^{\alpha_k}$, სადაც $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \in \mathbb{N}$, p_1, p_2, \dots, p_k განსხვავებული მარტივი რიცხვებია და $p_1 < p_2 < \dots < p_k$.

ვთქვათ, p ეკუთვნის m მაჩვენებელს p_i მოდულით, სადაც $p_i \neq q$ და $i = 1, 2, \dots, k$, მაშინ

$$\begin{cases} p^{q-1} - 1 = (p-1)(1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1}), \\ 1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1} \equiv 0 \pmod{p_i} \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i}, m - \text{მაჩვენებელია} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p^q \equiv 1 \pmod{p_i}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i} \\ m - \text{მაჩვენებელია} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow$$

თეორემა *. თუ $a, b \in \mathbb{N}$ $(a, b) = 1$, მაშინ

$(a^2 + ab + b^2)$ -ის ყოველ გამყოფს აქვს ასეთივე სახე.

ნაშრომში ასევე არის განხილული ჩვენი კვლევა ფიბონაჩის რიცხვებზე. შემოტანილია ფსევდოფიბონაჩის რიცხვების ცნება და ნაპოვნია მათი ზოგიერთი თვისება.

ძირითადი ნაწილი

თეორემა 1. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი

რიცხვებია და $p = 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის

სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული გამყოფი მაინც.

დამტკიცება

თავდაპირველად განვიხილოთ განტოლება

$$A = q^t, \quad (1)$$

სადაც $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$, $p = 2q + 1$, $t \in \mathbb{N}$ და p, q კენტი

მარტივი რიცხვებია.

$$\Rightarrow \begin{cases} q \equiv 0 \pmod{m}, \\ q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m=1, \\ m=q. \end{cases} \quad (6)$$

ვინაიდან $p_i \neq q$ კენტი მარტივი რიცხვებია და $p-1 = 2q \not\equiv 0 \pmod{p_i}$, ამიტომ $m \neq 1$, ე.ი. $m = q$.

p_i მოდულთან ურთიერთმარტივი p რიცხვის მაჩვენებელი უნდა ყოფილიყო $\varphi(p_i) = p_i - 1$ -ს, ამიტომ

$$p_i - 1 \equiv 0 \pmod{q} \Rightarrow q < \frac{p_i - 1}{2}, \text{ ე.ი. } q = p_1.$$

$$\begin{cases} q < \frac{p_i - 1}{2} \\ q = \frac{p - 1}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{p_i - 1}{2} > \frac{p - 1}{2} \Rightarrow p < p_i; i = 2, 3, \dots, k.$$

ე.ი. A -ს q -გან განსხვავებული ყველა მარტივი გამყოფი მეტია p -ზე. ამავე დროს q არის A -ს გამყოფი. ამიტომ საბოლოოდ გვაქვს:

$$q = p_1 < p < p_2 < p_3 < \dots < p_k. \text{ რ.დ.გ.}$$

თეორემა 2. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხვებია და $p < 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის ყველა

მარტივი გამყოფი მეტია p -ზე.

ვთქვათ, $A = \frac{p^q - 1}{p - 1} = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_k^{\alpha_k}$, სადაც p_1, p_2, \dots, p_k განსხვავებული კენტი მარტივი რიცხვებია,

ამასთან $p_1 < p_2 < \dots < p_k$ და $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \in N$. ასევე, ვთქვათ, p ეკუთვნის m მაჩვენებელს p_i მოდულით $i = 1, 2, \dots, k$, მაშინ

$$\begin{cases} p^q - 1 = (p - 1)(1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1}), \\ 1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1} \equiv 0 \pmod{p_i} \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i}, m\text{-მაჩვენებელია} \\ q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p^q \equiv 1 \pmod{p_i}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i} \\ m\text{-მაჩვენებელია} \\ q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} q \equiv 0 \pmod{m}, \\ q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m = 1 \\ m = q. \end{cases}$$

$$\begin{cases} p < 2q + 1, \\ p, q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p - 1 < 2q, \\ p, q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (p - 1, q) = 1, \\ q > \frac{p - 1}{2}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{p^q - 1}{p - 1}, p - 1 \right) = (p - 1, q) = 1, \\ \frac{p^q - 1}{p - 1} \equiv 0 \pmod{p_i}. \end{cases} \Rightarrow p - 1 \not\equiv 0 \pmod{p_i} \Rightarrow p \not\equiv 1 \pmod{p_i} \Rightarrow m \neq 1. \text{ ე.ი. } m = q.$$

ვინაიდან p_i მოდულთან ურთიერთმარტივი p რიცხვის q მაჩვენებელი უნდა ყოფდეს $\varphi(p_i) = p_i - 1$ -ს,

ამიტომ $p_i - 1 \equiv 0 \pmod{q} \Rightarrow q < \frac{p_i - 1}{2}$.

მივიღებთ

$$\begin{cases} q > \frac{p - 1}{2}, \\ q < \frac{p_i - 1}{2}, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{p - 1}{2} < \frac{p_i - 1}{2}, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p < p_i, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p < p_1 < p_2 < \dots < p_k. \text{ რ.დ.გ.}$$

თეორემა 3. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და $p \in N \setminus \{1\}$, $p \in]1; q] \cup [q + 2; 2q]$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$

რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან თითოეული მეტია p -ზე.

დამტკიცება

ვთქვათ, $A = \frac{p^q - 1}{p - 1} = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_k^{\alpha_k}$, სადაც p_1, p_2, \dots, p_k განსხვავებული კენტი მარტივი გამყოფებია.

ამასთან $p_1 < p_2 < \dots < p_k$ და $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \in N$. ასევე, ვთქვათ, p ეკუთვნის m მაჩვენებელს p_1 მოდულით, მაშინ

$$\begin{cases} p^q - 1 = (p - 1)(1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1}), \\ \frac{p^q - 1}{p - 1} \equiv 0 \pmod{p_1}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_1}, m - \text{მაჩვენებელია,} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p^q \equiv 1 \pmod{p_1}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_1}, \\ m - \text{მაჩვენებელია,} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} q \equiv 0 \pmod{m}, \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m = 1, \\ m = q. \end{cases}$$

ამოცანის პირობით გვაქვს:

$$\begin{cases} p \in N, \\ p \neq q + 1, p \neq 2q + 1 \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p \in N, \\ p - 1 \neq q, p - 1 \neq 2q, \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (p-1, q) = 1, \\ q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{p^q - 1}{p-1}, p-1 \right) = (p-1, q) = 1, \\ \frac{p^q - 1}{p-1} \equiv 0 \pmod{p_i}, \\ p_1\text{-კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{array} \right. \Rightarrow p-1 \not\equiv 0 \pmod{p_1} \Rightarrow p \not\equiv 1 \pmod{p_1} \Rightarrow m \neq 1. \text{ ე.ი. } m = q.$$

ვინაიდან p_1 მოდულთან ურთიერთმარტივი p რიცხვის q მაჩვენებელი უნდა ყოფილიყო $\varphi(p_1) = p_1 - 1$ -ს, ამიტომ

$$\begin{cases} p_1 - 1 \equiv 0 \pmod{q}, \\ p_1, q\text{-კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow q < \frac{p_1 - 1}{2}.$$

ე.ი. გვაქვს:

$$\begin{cases} q > \frac{p-1}{2}, \\ q < \frac{p_1-1}{2}, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{p-1}{2} < \frac{p_1-1}{2}, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p < p_1, \\ p_1 < p_2 < \dots < p_k. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p < p_1 < p_2 < \dots < p_k. \text{ რ.დ.გ.}$$

თეორემა 4. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია და $p \in \{q+1; 2q+1\}$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p-1}$ რიცხვის სათითაოდ

აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან, მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც.

დამტკიცება

თავდაპირველად განვიხილოთ განტოლება

$$A = q^t, \tag{1}$$

სადაც $A = \frac{p^q - 1}{p-1}$, $p = kq + 1$, $k \in \{1; 2\}$, $t \in \mathbb{N}$ და q კენტი მარტივი რიცხვია.

ჩასმით მივიღებთ

$$(kq+1)^q - 1 = kq^{t+1}, \quad k \in \{1; 2\}. \tag{2}$$

ნიუტონის ბინომის ფორმულით (2)-დან მივიღებთ

$$(kq)^q + C_q^1 (kq)^{q-1} + \dots + C_q^{q-1} (kq) = kq^{t+1}. \tag{3}$$

(3)-ის მარცხენა მხარე იყოფა kq^2 -ზე და არ იყოფა kq^3 -ზე, ამიტომ $t+1 \leq 2 \Rightarrow t \leq 1 \Rightarrow t+1$. ე.ი. გვექნება:

$$(kq+1)^q - 1 > (kq)^2 = kq^{t+1}. \quad (4)$$

(4)-იდან გამომდინარე A -ს (1) სახით წარმოდგენა შეუძლებელია.

$$\begin{cases} p-1 = kq, k \in \{1; 2\}, \\ \left(\frac{p^q-1}{p-1}, p-1\right) = (p-1, q) = (kq, q) = q, \Rightarrow \begin{cases} A \equiv 0 \pmod{q}, \\ A > kq. \end{cases} \\ A = \frac{p^q-1}{p-1} > p-1 = kq. \end{cases} \quad (5)$$

(5) სისტემიდან გამომდინარე A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული გამყოფი მაინც. ვთქვათ, $A = p_1^{\alpha_1}, p_2^{\alpha_2}, \dots, p_k^{\alpha_k}$, სადაც p_1, p_2, \dots, p_k განსხვავებული მარტივი რიცხვებია, ამასთან $p_1 < p_2 < \dots < p_k$, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \in N$. ასევე, ვთქვათ, p ეკუთვნის m მაჩვენებელს P_i მოდულით. აქ $P_i \neq q$, $i = 1, 2, \dots, k$ მაშინ გვექნება:

$$\begin{cases} p^q - 1 = (p-1)(1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1}), \\ 1 + p + p^2 + \dots + p^{q-1} \equiv 0 \pmod{p_i}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i}, m - \text{მაჩვენებელია,} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია, } q \neq p_i. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p^q \equiv 1 \pmod{p_i}, \\ p^m \equiv 1 \pmod{p_i}, \\ m - \text{მაჩვენებელია,} \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q \equiv 0 \pmod{m}, \\ q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m = 1, \\ m = q. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{p^q-1}{p-1} \equiv 0 \pmod{p_i}, \\ \left(\frac{p^q-1}{p-1}, p-1\right) = q, \Rightarrow p-1 \not\equiv 0 \pmod{p_i} \Rightarrow m \neq 1. \text{ ე.ი. } m = q. \\ p_i \neq q. \end{cases}$$

ვინაიდან p_i მოდულთან ურთიერთმარტივი p რიცხვის მაჩვენებელი უნდა ყოფდეს $\varphi(p_1) = p_1 - 1$ -ს, ამიტომ

$$\begin{cases} p_i - 1 \equiv 0 \pmod{q}, \\ p_i, q - \text{კენტი მარტივი რიცხვია.} \end{cases} \Rightarrow q < \frac{p_i - 1}{2}. \text{ ე.ი. } i \neq 1 \text{ და } q = p_1.$$

$$\begin{cases} q < \frac{p_i - 1}{2}, \\ q = \frac{p - 1}{k}, k \in \{1; 2\}, \end{cases} \Rightarrow \frac{p - 1}{2} < \frac{p_i - 1}{2} \Rightarrow p < p_i, i = 2, 3, \dots, k .$$

საბოლოოდ გვაქვს: $q = p_1 < p < p_2 < p_3 < \dots < p_k$. რ.დ.გ.

ამოცანა 1. ამოხსენით განტოლება $2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ ნატურალურ რიცხვებში. ამასთან y უნდა იყოს მარტივი

რიცხვი.

ამოხსნა

განვიხილოთ განტოლება

$$2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}, \quad (1)$$

სადაც y მარტივი რიცხვია და $x, z \in N$.

თუ $z = 1$, მაშინ (1)-დან $2^x = 1 \Leftrightarrow x = 0 \notin N$;

თუ $z > 1$ და $y = 2$, მაშინ (1)-ის მარცხენა მხარე ლუწია, ხოლო მარჯვენა მხარე კენტი რიცხვია, ე.ი. y არის კენტი მარტივი რიცხვი;

თუ $z > 1$ კენტი რიცხვია და y კენტი მარტივი რიცხვია, მაშინ (1)-ის მარჯვენა მხარე კენტი რიცხვია, ხოლო მარცხენა – ლუწი, რაც შეუძლებელია;

თუ z შედგენილი რიცხვია, რომელსაც აქვს 1-ისაგან განსხვავებული კენტი გამყოფი, ე.ი. ვთქვათ $z = a \cdot b$, სადაც $a, b \in N$, $b > 1$ და b კენტია, მაშინ

$$2^x = \frac{(y^a)^b - 1}{y - 1} = \frac{y^a - 1}{y - 1} \cdot (1 + y^a + (y^a)^2 + \dots + (y^a)^{b-1}). \quad (2)$$

(2)-ის მარჯვენა მხარეს ფრჩხილში გვაქვს კენტი რაოდენობის კენტი რიცხვების ჯამი, ე.ი. ეს მამრავლი კენტია და მარცხენა მხარეს გვაქვს 2^x . ეს კი შეუძლებელია. ამიტომ (1)-ს არ გააჩნია ამ შემთხვევაში ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

თუ $z = 2^n$, სადაც $n \in N \setminus \{1\}$, მაშინ (1) მიიღებს სახეს:

$$2^x = \frac{y^{2^n} - 1}{y - 1} = (y + 1)(y^2 + 1)(y^4 + 1) \dots (y^{2^{n-1}} + 1). \quad (3)$$

ამ შემთხვევაში (3)-ს აქვს მინიმუმ ორი თანამამრავლი: $(y + 1)$ და $(y^2 + 1)$. (1)-ს რომ ჰქონდეს ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში, ამისათვის $(y + 1)$ და $(y^2 + 1)$ -იც ერთდროულად უნდა წარმოადგენდეს 2-ის ნატურალურ ხარისხებს.

ე.ი.

$$\begin{cases} y+1=2^k, \\ y^2+1=2^l, \end{cases} \quad (4)$$

სადაც $k, l \in \mathbb{N}$, $k > 1$, $l > 1$.

(4)-ის პირველი განტოლებიდან y კენტი მარტივი რიცხვია, ამიტომ $(y^2 + 1)$ 4-ზე გაყოფისას ნაშთში მიიღება 2, (4)-ის მეორე განტოლების მარჯვენა მხარე (2^l) კი უნაშთოდ იყოფა 4-ზე. ე.ი. (1)-ს ამ შემთხვევაში არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში, დაგვრჩა განვიხილოთ შემთხვევა, როცა $z = 2$.

ამ შემთხვევაში

$$2^x = \frac{y^2 - 1}{y - 1} = y + 1 \Rightarrow y = 2^x - 1. \quad (5)$$

ადვილი საჩვენებელია, რომ მარტივი y -სათვის x აუცილებლად უნდა იყოს მარტივი, ე.ი. (1)-ს აქვს ამონახსნი მოცემულობით მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა $x = P$ მარტივი რიცხვია და $y = P$ კი – მერსენას რიცხვი ანუ $P = 2^P - 1$ მარტივი რიცხვია, ხოლო z აუცილებლად 2-ის ტოლი უნდა იყოს.

აქედან გამომდინარე, ადვილი საჩვენებელია, რომ თუ

$$2^n = \left(\frac{P_1^{\alpha_1} - 1}{P_1 - 1} \right) \cdot \left(\frac{P_2^{\alpha_2} - 1}{P_2 - 1} \right) \cdot \dots \cdot \left(\frac{P_k^{\alpha_k} - 1}{P_k - 1} \right),$$

სადაც P_1, P_2, \dots, P_k მარტივი რიცხვებია და $n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \in \mathbb{N}$,

მაშინ

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 2, P_1 = 2^{p_1} - 1, P_2 = 2^{p_2} - 1, \dots, P_k = 2^{p_k} - 1,$$

სადაც p_1, p_2, \dots, p_k მარტივი რიცხვებია, $p_1 + p_2 + \dots + p_k = n$, P_1, P_2, \dots, P_k – მერსენას რიცხვები.

ამოცანა 2. ამოხსენით $3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ განტოლება ნატურალურ x, y, z რიცხვებში. ამასთან y მარტივი რიცხვი

უნდა იყოს.

ამოხსნა

განვიხილოთ განტოლება

$$3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}, \quad (1)$$

სადაც y მარტივი რიცხვია და $x, z \in \mathbb{N}$.

თუ $z = 1$, მაშინ (1)-იდან $3^x = 1 \Leftrightarrow x = 0 \notin \mathbb{N}$.

ცხადია $y \neq 3$. ვთქვათ, y არის მარტივი რიცხვი. მაშინ ის გვექნება $6a - 1$ ან $6a + 1$ სახით, სადაც $a \in \mathbb{N}$.

თუ $y = 6a - 1$ და z კენტია, მაშინ (1)-ის მარჯვენა მხარე 3-ზე გაყოფისას ნაშთში მოგვცემს 1-ს, მარცხენა მხარე კი 3-ის ჯერადია, რაც შეუძლებელია.

თუ $y = 6a - 1$ და $z = 2n$, $n \in \mathbb{N}$, მაშინ (1)-დან გვექნება:

$$\begin{aligned} 3^x &= \frac{(6a-1)^{2n} - 1}{(6a-1) - 1} = \frac{(6a-1)^2 - 1}{(6a-1) - 1} \cdot ((6a-1)^{2(n-1)} + (6a-1)^{2(n-2)} + \dots + 1) = \\ &= 6a((6a-1)^{2(n-1)} + (6a-1)^{2(n-2)} + \dots + 1), \end{aligned}$$

რაც შეუძლებელია, ვინაიდან ამ განტოლების მარცხენა მხარე 2-ზე არ იყოფა.

თუ $y = 6a + 1$ და z კენტია, მაშინ (1)-დან მივიღებთ, რომ z იყოფა 3-ზე, ე.ი. $z = 3q$, $q \in \mathbb{N}$. (1)-ში შეტანით გვექნება:

$$\begin{aligned} 3^x &= \frac{(y^3)^q - 1}{y^3 - 1} \cdot ((y^3)^{q-1} + (y^3)^{q-2} + \dots + 1) = 3(3(4a^2 + 2a) + 1)((y^3)^{q-1} + \dots + 1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow 3^x \equiv 0 \pmod{3(4a^2 + 2a) + 1}, \end{aligned}$$

რაც შეუძლებელია.

თუ $y = 6a + 1$ და z ლუწია, ვთქვათ $z = 2n$, $n \in \mathbb{N}$, მაშინ (1)-დან გვექნება:

$$\begin{aligned} 3^x &= \frac{(6a+1)^{2n} - 1}{(6a+1) - 1} \cdot ((6a+1)^{2(n-1)} + (6a+1)^{2(n-2)} + \dots + 1) = \\ &= 2(3a+1)((6a+1)^{2(n-1)} + \dots + 1) \Rightarrow 3^x \equiv 0 \pmod{2}, \end{aligned}$$

რაც შეუძლებელია;

დაგვრჩა განვიხილოთ შემთხვევა $y = 2$. ამ შემთხვევაში (1)-დან მივიღებთ

$$3^x = 2^z - 1. \quad (2)$$

ვთქვათ, $x > 1$.

თუ x კენტია, მაშინ (2)-დან გვექნება:

$$2^z = 3^x + 1 = (3+1)(3^{x-1} - 3^{x-2} + \dots + 1). \quad (3)$$

(3)-ის მარჯვენა მხარეს მეორე ფრჩხილში გვაქვს კენტი რაოდენობის კენტი რიცხვების ჯამი, ე.ი. კენტი რიცხვი, ამიტომ (3)-ს არ გააჩნია ნატურალურ რიცხვებში ამონახსნი.

თუ $x = 2n$, $n \in \mathbb{N}$, მაშინ (2)-იდან მივიღებთ:

$$2^z = 3^{2n} + 1 = (4-1)^{2n} + 1 = 4k + 2, \quad (4)$$

სადაც $k \in \mathbb{N}$.

(4)-ის მარჯვენა მხარე 4-ზე გაყოფისას ნაშთში იძლევა 2-ს, ხოლო მარცხენა მხარე იყოფა 4-ზე, ამიტომ არც ამ შემთხვევაში ექნება (2)-ს ამონახსნი:

განვიხილოთ შემთხვევა $x = 1$ -სათვის, მაშინ

$$3^1 = \frac{y^z - 1}{y - 1}. \quad (5)$$

ცხადია, რომ (5)-ს აქვს ერთადერთი ამონახსნი $y = z = 2$. საბოლოოდ მივიღეთ, რომ (1)-ის ამონახსნი მოცემული პირობებით არის: $x = 1$; $y = z = 2$.

ამოცანა 3. ამოხსენით განტოლება

$$P^x = \frac{y^z - 1}{y - 1},$$

სადაც $P \in \{5; 7; 11; \dots\}$ მარტივი რიცხვია $x, z \in N$ და y მარტივია.

ამოხსნა

განვიხილოთ განტოლება

$$P^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}, \quad (1)$$

სადაც $P \in \{5; 7; 11; \dots\}$ მარტივი რიცხვია, y მარტივია და $x, z \in N$.

ჯერ ვაჩვენოთ, რომ $(y^n - 1)$ თუ იყოფა $(y^m - 1)$ -ზე, სადაც $y \neq 1$ და $m, n \in N$, მაშინ აუცილებლად n გაიყოფა m -ზე.

დამტკიცება

ვთქვათ, $n = am + r$, სადაც $m, n, a, z \in N$ და $0 \leq r < m$. მაშინ

$$y^n - 1 = y^{am} \cdot y^r - 1 = y^r (y^{am} - 1) + (y^r - 1) = y^r (y^m - 1)(y^{m(a-1)} + \dots + 1) + (y^r - 1). \quad (2)$$

ამოცანის პირობა რომ შესრულდეს, საჭიროა $(y^r - 1)$ გაიყოს $(y^m - 1)$ -ზე, მაგრამ ეს შესაძლებელია, როცა $r = 0$ და მაშინ $n = am$, სადაც $a, m \in N$, ე.ი. საბოლოოდ $n \equiv 0 \pmod{m}$. რ.დ.გ.

დამტკიცებულიდან და იმის გათვალისწინებით, რომ p მარტივი რიცხვია, ადვილი საჩვენებელია, რომ (1) -ს აქვს ამონახსნი მოცემული პირობით, თუ z მარტივი რიცხვია ან $z = 2^n$, სადაც $n \in N$.

თუ $z = 2^n$, $n \in N$, მაშინ (1) მიიღებს სახეს:

$$P^x = \frac{y^{2^n} - 1}{y - 1}. \quad (3)$$

$n = 1$ -სათვის $P^x = \frac{y^2 - 1}{y - 1} = y + 1 \Rightarrow y = P^x - 1$. თუ გავითვალისწინებთ, რომ y და p მარტივი რიცხვებია,

მაშინ $p = 2$ და $x = P_1$, სადაც P_1 მარტივი რიცხვია და $y = 2^{P_1} - 1$ – მერსენას რიცხვია.

თუ $n > 1$, მაშინ (1) მიიღებს სახეს:

$$P^x = \frac{y^{2^n} - 1}{y - 1} = (1 + y)(1 + y^2) \cdot \dots \cdot (1 + y^{2^{n-1}}). \quad (4)$$

(4)-ს მარჯვენა მხარეს არის მინიმუმ ორი თანამამრავლი: $(y+1)$ და (y^2+1) . (4)-ს რომ ჰქონდეს ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში, ამისათვის $(y+1)$ და (y^2+1) -იც ერთდროულად უნდა წარმოადგენდეს p -ს რაიმე ნატურალურ ხარისხს, ე.ი.

$$\begin{cases} y+1 = p^a, \\ y^2+1 = p^b \end{cases} \Rightarrow P^b = (y+1)^2 - 2y = P^{2a} - 2y. \quad (5)$$

ვინაიდან $(p, y) = 1$, ამიტომ (5)-დან გამომდინარე $P \equiv 0 \pmod{2}$. მაგრამ p მარტივი რიცხვია, ამიტომ $p = 2$ და (5) ასე ჩაიწერება:

$$2^b = 2^{2a} - 2y \Rightarrow y = 2^{b-1}(2^{2a-b} - 1). \quad (6)$$

y მარტივი რიცხვია, ამიტომ (6)-დან გვექნება: $b=1$, $2a-1 = P_1$ მარტივი რიცხვია და $y = 2^{P_1} - 1$ – მერსენას რიცხვი.

შეენიშნოთ, რომ

$$y < P^{\frac{x}{z}} < y+1, \quad (7)$$

ამიტომ, თუ $\frac{x}{z} \in N$, მაშინ (1)-ს არ ექნება ამონახსნი.

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როცა z მარტივი რიცხვია.

ე.ი. გვექნება

$$P^x = \frac{y^z - 1}{y - 1},$$

სადაც $x \in N$ და p, z, y მარტივი რიცხვებია.

მივიღებთ

$$\begin{cases} \left(\frac{y^z - 1}{y - 1}, y - 1 \right) = (y - 1, z), \\ y, z, p - \text{მარტივი რიცხვებია, } \Rightarrow p - 1 \equiv 0 \pmod{z} \Rightarrow P \equiv 1 \pmod{z} \Rightarrow p = 2kz + 1, \\ \frac{y^z - 1}{y - 1} \equiv 0 \pmod{P}, \end{cases}$$

სადაც p, z მარტივი რიცხვებია და $k \in N$.

განვიხილოთ რამდენიმე შემთხვევა:

1 თუ $P = 5 = 2 \cdot 2 + 1$, ე.ი. $z = 2$, მაშინ (1)-დან გვექნება:

$$5^x = \frac{y^2-1}{y-1} = y+1 \Rightarrow y = 5^x - 1 \equiv 0 \pmod{4}.$$

ეს კი შეუძლებელია, ვინაიდან y მარტივი რიცხვია.

2 თუ $P = 7 = 2 \cdot 3 + 1$, ე.ი. $z = 3$. მაშინ (1)-დან გვექნება:

$$7^x = \frac{y^3-1}{y-1} = y^2 + y + 1. \quad (8)$$

განვიხილოთ იგივეობები:

$$(a^2 + ab + b^2)(c^2 + cd + d^2) = (ac - bd)^2 + (ac - bd)(ad + bc + bd) + (ad + bc + bd)^2 = (ad - bc)^2 (ad - bc)(ac + bd + bc) + (ac + bd + bc)^2; \quad (9)$$

$$(a^2 + ab + b^2)^2 = (a^2 - b^2) + (b^2 + 2ab)(a^2 - b^2) + (b^2 + 2ab)^2 = (b^2 - a^2)^2 + (b^2 - a^2)(a^2 + 2ab) + (a^2 + 2ab)^2; \quad (10)$$

$$(a^2 + ab + b^2)^3 = (a^3 - 3b^2a - b^3)^2 + (a^3 - 3b^2a - b^3)(3ab(a+b)) + (3ab(a+b))^2. \quad (11)$$

$$7^2 = 1^2 + 1 \cdot 2 + 2^2.$$

ამ ფორმულებით გვექნება:

$$(1^2 + 1 \cdot 2 + 2^2)^2 = 3^2 + 3 \cdot 5 + 5^2, \quad (1^2 + 1 \cdot 2 + 2^2)^3 = 1^2 + 1 \cdot 18 + 18^2.$$

$$(1^2 + 1 \cdot 2 + 2^2)^4 = (1^2 + 1 \cdot 18 + 18^2)(1^2 + 1 \cdot 2 + 2^2) = 7^2 + 7 \cdot 126 + 126^2.$$

ადვილი შესამჩნევია, რომ ხარისხ 3-ის შემდეგ 7-ის ნებისმიერი ხარისხი წარმოდგება ორი რიცხვის ჯამის არასრული კვადრატის სახით, რომლიდანაც ერთი რიცხვი აუცილებლად ლუწია და 2-ზე მეტი, ამიტომ, ცხადია, 7-ის ვერც ერთი ხარისხი, გარდა $x = 1$ -ისა, ვერ დააკმაყოფილებს (8) განტოლებას.

ე.ი. (1)-ის ამონახსნებია: $x = 1$; $y = 2$; $z = 3$.

ამოცანა 1. ამოხსენით განტოლება:

$$\left(\frac{x+y}{2}\right)^z = x^z - y^z \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

(1) გადავწეროთ ასე:

$$(x+y)^z = 2^z(x^z - y^z). \quad (2)$$

$z = 1$ -სათვის (2)-დან მივიღებთ $x+y = 2x-2y \Leftrightarrow x = 3y$, ე.ი. (1)-ის ამონახსნებია: $x = 3t$, $y = t$, სადაც $t \in N$;

$z > 1$ -სათვის, ვთქვათ, (2)-ის ამოხსნებია: x_0, y_0, z_1 და $x_0 = x_1 d, y_0 = y_1 d$, სადაც $d = (x_0, y_0)$.

(2)-ში ჩასმით და ორი მხარის d^{z_1} -ზე გაყოფით მივიღებთ

$$(x_1 + y_1)^{z_1} = 2^{z_1} (x_1^{z_1} - y_1^{z_1}). \quad (3)$$

(3)-ის მარჯვენა მხარე 2-ის ჯერადია. ამიტომ x_1 და y_1 რიცხვები კენტია.

ე.ი.

$$x_1 = 2a - 1 \text{ და } y_1 = 2b - 1, \text{ სადაც } a, b \in \mathbb{N}. \quad (4)$$

(4)-ის (3)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ

$$(a + b - 1)^{z_1} = (2a - 1)^{z_1} - (2b - 1)^{z_1}. \quad (5)$$

$$\begin{aligned} (2a - 1)^{z_1} - (2b - 1)^{z_1} &= ((2a - 1) - (2b - 1))(2a - 1)^{z_1 - 1} + \dots + (2b - 1)^{z_1 - 1} = \\ &= 2(a - b)((2a - 1)^{z_1 - 1} + \dots + (2b - 1)^{z_1 - 1}), \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} (2b - 1)^{z_1} &= (2a - 1)^{z_1} - (a + b - 1)^{z_1} = ((2a - 1) - (a + b - 1))((2a - 1)^{z_1 - 1} + \dots \\ &\dots + (a + b - 1)^{z_1 - 1}) = (a - b)((2a - 1)^{z_1 - 1} + \dots + (a + b - 1)^{z_1 - 1}). \end{aligned} \quad (7)$$

(5), (6) და (7)-დან გვაქვს, რომ $(a - b) \setminus (2a - 1)^{z_1}$ და $(a - b) \setminus (2b - 1)^{z_1}$, მაგრამ $((2a - 1), (2b - 1)) = 1$, ამიტომ

ლემის • თანახმად $a - b = 1$ ანუ $a = b + 1$. (5)-ში ჩასმით

$$(2b)^{z_1} = (2b + 1)^{z_1} - (2b - 1)^{z_1} \Leftrightarrow (2b - 1)^{z_1} + (2b)^{z_1} = (2b + 1)^{z_1}. \quad (8)$$

თუ $z_1 = 1$, მაშინ (8)-დან

$$\begin{aligned} (2b)^{z_1} &= ((2b + 1) - (2b - 1))((2b + 1)^{z_1 - 1} + \dots + (2b - 1)^{z_1 - 1}) = \\ &= 2((2b + 1)^{z_1 - 1} + \dots + (2b - 1)^{z_1 - 1}) \Rightarrow 2^{z_1 - 1} \cdot b^{z_1} = (2b + 1)^{z_1 - 1} + \dots + (2b - 1)^{z_1 - 1}. \end{aligned} \quad (9)$$

თუ $z_1 > 1$ არის კენტი ნატურალური რიცხვი, მაშინ (9)-ის მარჯვენა მხარე არის კენტი როდენობის კენტი რიცხვების ჯამი ანუ კენტი რიცხვია, ხოლო მარცხენა მხარე ლუწია, ამიტომ 1-საგან განსხვავებული კენტი z_1 -ებისათვის მოცემულ განტოლებას არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ x, y, z რიცხვებში.

თუ z_1 ლუწია, ე.ი. $z_1 = 2t$, მაშინ (8) მიიღებს სახეს:

$$(2b - 1)^{2t} + (2b)^{2t} = (2b + 1)^{2t}. \quad (10)$$

თუ $t = 1$, მაშინ $(2b - 1)^2 + (2b)^2 = (2b + 1)^2$, საიდანაც $z_1 = b = 2$.

ე.ი. (3)-ის ამონახსნებია:

$$\begin{cases} x_1 = 3, \\ y_1 = 1, \\ z_1 = 1. \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} x_1 = 5, \\ y_1 = 3, \\ z_1 = 2. \end{cases}$$

აქედან (1)-ის ამონახსნები იქნება:

$$\begin{cases} x = 3k, \\ y = k, \\ z = 1. \end{cases} \text{ ან } \begin{cases} x = 5k, \\ y = 3k, \\ z = 2, \end{cases} \quad (11)$$

სადაც $k \in N$.

თუ $t > 1$, მაშინ ნიუტონის ბინომის ფორმულით (10)-დან ადვილი დასაწახია, რომ $b \nmid t$.

(10)-ის ორივე მხარის $(2b)^{2t}$ -ზე გაყოფით მივიღებთ

$$2 > \left(1 - \frac{1}{2b}\right)^{2t} + 1 = \left(1 + \frac{1}{2b}\right)^{2t} > 1 + C_{2t}^1 \left(\frac{1}{2b}\right) = 1 + \frac{2t}{2b} = 1 + \frac{t}{b} \Rightarrow 1 > \frac{t}{b} \Rightarrow t < b,$$

მაგრამ $b \nmid t$, რაც შეუძლებელია.

საბოლოოდ გვაქვს, რომ (1)-ის ყველა ამონახსნს იძლევა (11).

ამოცანა II. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^z = (2x)^z + y^z \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, $z > 2$ და (1)-ის ამონახსნები: $x_0, y_0, z_1 \in N, z_1 > 2$. ამასთან $x_0 = x_1 d, y_0 = y_1 d$, სადაც

$d = (x_0; y_0)$. (1)-ის ორივე მხარის d^{z_1} -ზე გაყოფით მივიღებთ

$$\begin{aligned} (x_1 + y_1)^{z_1} &= (2x_1)^{z_1} + y_1^{z_1} \Leftrightarrow y_1^{z_1} = (x_1 + y_1)^{z_1} - (2x_1)^{z_1} = \\ &= ((x_1 + y_1) - 2x_1) \left((x_1 + y_1)^{z_1-1} + (x_1 + y_1)^{z_1-2} (2x_1) + \dots + (2x_1)^{z_1-1} \right) = \\ &= (y_1 - x_1) \left((x_1 + y_1)^{z_1-1} + (x_1 + y_1)^{z_1-2} \cdot (2x_1) + \dots + (2x_1)^{z_1-1} \right) \Rightarrow (y_1 - x_1) \mid y_1^{z_1}, \end{aligned}$$

ამასთან, $(x_1, y_1) = 1$. ამიტომ, ლემის • თანახმად $y_1 - x_1 = 1$ ანუ $y_1 = x_1 + 1$.

(1)-ში ჩასმით გვექნება:

$$(2x_1 + 1)^{z_1} = (2x_1)^{z_1} + (x_1 + 1)^{z_1}. \quad (2)$$

(2)-ის მარცხენა მხარე კენტია, ამიტომ $(x_1 + 1)$ უნდა იყოს კენტი, ე.ი. $x_1 = 2k, k \in N$. (2)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$(4k + 1)^{z_1} = (4k)^{z_1} + (2k + 1)^{z_1}. \quad (3)$$

თუ z_1 კენტია, მაშინ (3)-იდან

$$\begin{aligned} (4k + 1)^{z_1} &= (4k + (2k + 1)) \left((4k)^{z_1-1} - (4k)^{z_1-2} (2k + 1) + \dots + (2k + 1)^{z_1-1} \right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (6k + 1) \mid (4k + 1)^{z_1}, \end{aligned}$$

მაგრამ $(6k+1; 4k+1)=1$ (მართლაც $6k+1=(4k+1)+2k$), ე.ი. z_1 ლუწია ან $z_1 = 2n$, სადაც $n \in N$, $n \neq 1$.

ამის გათვალისწინებით (3) მიიღებს სახეს:

$$\left((4k+1)^n\right)^2 = \left((4k)^n\right)^2 + \left((2k+1)^n\right)^2. \quad (4)$$

$(4k+1)$, $4k$ და $(2k+1)$ წყვილ-წყვილად ურთიერთმარტივი რიცხვებია. ამიტომ მოიძებნება $p, q \in N$, $p > q$ და $(p, q) = 1$, რომ

$$(4k+1)^n = p^2 + q^2, \quad (4k)^n = 2pq, \quad (2k+1)^n = p^2 - q^2. \quad (5)$$

(5)-დან გვაქვს:

$$\begin{aligned} 2q^2 &= (p^2 + q^2) - (p^2 - q^2) = (4k+1)^n - (2k+1)^n = \\ &= ((4k+1) - (2k+1)) \left((4k+1)^{n-1} + \dots + (2k+1)^{n-1} \right) = 2k \left((4k+1)^{n-1} + \dots + (2k+1)^{n-1} \right) \Rightarrow k \setminus q^2. \end{aligned} \quad (6)$$

ვინაიდან $(p, q) = 1$ და $k \setminus q^2$, ამიტომ $(k, p) = 1$.

$$(4k)^n = 2pq \Rightarrow 2^{2n-1} k^n = pq. \quad (7)$$

თუ $k = 1$, მაშინ (3) მიიღებს სახეს:

$$5^{z_1} = 4^{z_1} + 3^{z_1} \text{ ანუ}$$

$$\left\{ \begin{aligned} &\left(\frac{4}{5}\right)^{z_1} + \left(\frac{3}{5}\right)^{z_1} = 1, \\ &z_1 < 2 \Rightarrow \left(\frac{4}{5}\right)^{z_1} + \left(\frac{3}{5}\right)^{z_1} > \left(\frac{4}{5}\right)^2 + \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 1, \\ &z_1 = 2 \Rightarrow \left(\frac{4}{5}\right)^{z_1} + \left(\frac{3}{5}\right)^{z_1} = \left(\frac{4}{5}\right)^2 + \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 1 \\ &z_1 > 2 \Rightarrow \left(\frac{4}{5}\right)^{z_1} + \left(\frac{3}{5}\right)^{z_1} < \left(\frac{4}{5}\right)^2 + \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 1. \end{aligned} \right. \Rightarrow z_1 = 2 \quad (8)$$

თუ $k > 1$, მაშინ (6) და (7)-დან k კენტი და $p = 2^{2n-1}$, $q = k^2$. (5)-დან მივიღებთ

$$(4k+1)^n = (2^{2n-1})^2 + (k^2)^2.$$

საიდანაც

$$2^{4n-2} = (4k+1)^n - (k^2)^n = (4k+1-k^2) \left((4k+1)^{n-1} + (4k+1)^{n-2} k^2 + \dots + (k^2)^{n-1} \right). \quad (9)$$

(9)-დან გამომდინარე $4k+1-k^2 \geq 1 \Leftrightarrow k \in]0; 4[$. ამასთან, k 1-ისაგან განსხვავებული კენტი რიცხვია, ე.ი.

$k = 3$. (4)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$13^{2n} = 12^{2n} + 7^{2n}. \quad (10)$$

თუ $n = 1$, მაშინ $13^{2n} = 13^2 \neq 12^2 + 7^2 = 12^{2n} + 7^{2n}$.

თუ $n > 1$, მაშინ (1)-დან გვაქვს

$$12^{2n} = (13^2)^n - (7^2)^n = 169^n - 49^n = (169 - 49)(169^{n-1} + 169^{n-2} \cdot 49 + \dots + 49^{n-1}) = 120(169^{n-1} + \dots + 49^{n-1}). \quad (11)$$

(11)-ის მარჯვენა მხარე 5-ის ჯერადია, ხოლო მარცხენა – არა, ამიტომ (11)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

საბოლოოდ გვაქვს, რომ თუ $z > 2$, მაშინ (1)-ს არ გააჩნია ნატურალურ რიცხვებში ამონახსნი.

თუ $z = 1$, მაშინ (1)-დან მივიღებთ $x + y = 2x + y \Leftrightarrow x = 0$, რაც შეუძლებელია, ვინაიდან $x \in N$.

თუ $z = 2$, მაშინ

$$(x + y)^2 = (2x)^2 + y^2 \Leftrightarrow 3x = 2y, \quad (12)$$

საიდანაც მივიღებთ, რომ (1)-ის ყველა ნატურალური ამონახსნია:

$$x = 2t, \quad y = 3t, \quad z = 2,$$

სადაც $t \in N$.

ამოცანა III. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^z = (3x)^z + y^z, \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1)-ის ამონახსნებია:

$$x_1, y_1, z_0 \in N \text{ და } (x_1, y_1) = d, \quad x_1 = x_0 d, \quad y_1 = y_0 d. \quad (2)$$

(2)-ის (1)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ

$$(x_0 + y_0)^{z_0} = (3x_0)^{z_0} + y_0^{z_0}. \quad (3)$$

(3)-დან, თუ $z_0 > 1$, გვექნება:

$$y_0^{z_0} = (y_0 - 2x_0) \left((x_0 + y_0)^{z_0-1} + \dots + (3x_0)^{z_0-1} \right). \quad (4)$$

საიდანაც

$$y_0^{z_0} \equiv (\text{mod}(y_0 - 2x_0)). \quad (5)$$

თუ y_0 კენტია, მაშინ **ლემის** • თანახმად (5)-დან გვაქვს:

$$y_0 - 2x_0 = 1 \text{ ანუ } y_0 = 2x_0 + 1. \quad (6)$$

(6)-ის (3)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$(3x_0 + 1)^{z_0} = (3x_0)^{z_0} + (2x_0 + 1)^{z_0}. \quad (7)$$

თუ z_0 კენტია, მაშინ (7)-დან გვექნება:

$$(3x_0 + 1)^{z_0} = (5x_0 + 1) \left((3x_0)^{z_0-1} - \dots + (2x_0 + 1)^{z_0-1} \right), \quad (8)$$

$$\begin{aligned} 5x_0 + 1 &= \left((3x_0 + 1)^{z_0}, 5x_0 + 1 \right) = \left((5x_0 + 1 - 2x_0)^{z_0}, 5x_0 + 1 \right) = \\ &= \left((2x_0)^{z_0}, 5x_0 + 1 \right) = (2^{z_0}, 5x_0 + 1). \end{aligned} \quad (9)$$

ე.ი. თუ z_0 კენტია ($z_0 \neq 1$), მაშინ (7)-ს რომ ჰქონდეს ამონახსნი, x_0 -იც უნდა იყოს კენტი. (8) და (9)-დან გამომდინარე, $5x_0 + 1 = 2^{z_0}$, ვინაიდან (8)-ის მარჯვენა მხარის მეორე ფრჩხილში გვაქვს კენტი რაოდენობის კენტი რიცხვების ჯამი ანუ კენტი რიცხვი. ამასთან $(3x_0 + 1)^{z_0} = (3(2k + 1) + 1)^{z_0} = 2^{z_0} (3k + 2)^{z_0}$ და მარჯვენა მხარეს ლუწი არის მხოლოდ $(5x_0 + 1)$ მამრავლი, ე.ი.

$$5x_0 = 2^{z_0} - 1. \quad (10)$$

კენტი z_0 -ებისათვის (10)-ის მარჯვენა მხარე ბოლოვდება 1-ით ან 7-ით, ამიტომ (10) ვერ შესრულდება კენტი x_0 და z_0 -სათვის, ე.ი. z_0 ლუწია.

ვინაიდან $(a^n)^4 + (b^n)^4 = (c^n)^4$ განტოლებას არა აქვს ამონახსნი $a, b, c, n \in N$ -ში (ეს ცნობილი ფაქტი მტკიცდება უსასრულოს დაშვების მეთოდით), ამიტომ ლუწ z_0 -ს უნდა ჰქონდეს სახე:

$$z_0 = 4(n-1) + 2, \quad n \in N. \quad (11)$$

(7) და (11)-დან გვექნება

$$(9x_0^2 + 6x_0 + 1)^{2n-1} = (9x_0^2)^{2n-1} + (4x_0^2 + 4x_0 + 1)^{2n-1}. \quad (12)$$

თუ $n > 1$, $n \in N$, მაშინ (12)-დან გვექნება:

$$(6x_0 + 1) \left((9x_0^2 + 6x_0 + 1)^{2n-2} + (9x_0^2 + 6x_0 + 1)^{2n-3} \cdot (9x_0^2) + \dots + (9x_0^2)^{2n-2} \right) = (2x_0 + 1)^{4n-2}. \quad (13)$$

ვინაიდან $(6x_0 + 1, 2x_0 + 1) = (6x_0 + 1, 6x_0 + 2) = (2, 6x_0 + 3) = 1$, ამიტომ (13)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ზემოთ ხსენებული პირობებით.

თუ $z_0 = 1$, მაშინ (3)-დან

$$(x_0 + y_0) = (3x_0) + y_0 \Rightarrow x_0 = 0 \notin N.$$

თუ $z_0 = 2$, მაშინ (7)-დან

$$(3x_0 + 1)^2 = (3x_0)^2 + (2x_0 + 1)^2 \Leftrightarrow 9x_0^2 + 6x_0 + 1 = 9x_0^2 + 4x_0^2 + x_0 + 1 \Leftrightarrow x_0 = 0 \notin N.$$

საბოლოოდ გვაქვს, რომ (1)-ს ამ პირობით არ გააჩნია ამონახსნი.

ამოცანა IV. ამოხსენით განტოლება

$$(y-x)^{x+y} = x^y, \quad (y > x) \quad 1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, მოცემული განტოლების ამონახსნებია: x_0, y_0 და ამასთან $x_0 = x_1 d, y_0 = y_1 d$, სადაც $d = (x_0, y_0)$.
მოცემულ განტოლებაში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{x_1 d} (y_1 - x_1)^{x_1 d} = \left(\frac{x_1}{y_1 - x_1} \right)^{y_1 d}. \quad (2)$$

აქედან

$$d^{x_1} (y_1 - x_1)^{x_1} = \left(\frac{x_1}{y_1 - x_1} \right)^{y_1}. \quad (3)$$

(3)-დან $(y_1 - x_1) \mid x_1$. **ლემის •** თანახმად

$$y_1 - x_1 = 1 \Rightarrow y_1 = x_1 + 1. \quad (4)$$

(4)-ის (3)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ $d^{x_1} = x_1^{x_1+1}$ ანუ

$$d = x_1 \cdot x_1^{\frac{1}{x_1}}. \quad (5)$$

ადვილი საჩვენებელია, რომ თუ $n^{\frac{1}{n}}$ რაციონალური რიცხვია, მაშინ ის აუცილებლად ნატურალური უნდა იყოს.

ახლა, ვთქვათ

$$k, n \in N, n \neq 1 \text{ და } n^{\frac{1}{n}} = k. \quad (6)$$

(6)-დან $n = k^n \geq 2^n$. მაგრამ ეს უკანასკნელი მცდარია. ე.ი. $x_1^{\frac{1}{x_1}}$ ირაციონალურია, თუ $x_1 \in N, x_1 \neq 1$.

$x_1 = 1$ -სათვის ვღებულობთ, რომ (3)-ს აქვს ერთადერთი წყვილი ამონახსენი:

$$\begin{cases} x_1 = 1 \\ y_1 = 2 \end{cases}, \text{ ამიტომ (1)-ის ამონახსნებია: } x_0 = d, y_0 = 2d, \text{ სადაც } d \in N.$$

ამოცანა V. ამოხსენით განტოლება.

$$(y-x)^{x+y} = y^x \quad (y > x) \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1)-ის ამონახსნებია: x_0, y_0 და ამასთან

$$x_0 = x_1 d, y_0 = y_1 d, \quad (2)$$

სადაც $d_0 = (x_0, y_0)$.

(2)-ის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{x_1 d + y_1 d} (y_1 - x_1)^{x_1 d + y_1 d} = d^{x_1 d} \cdot y_1^{x_1 d}. \quad (3)$$

(3)-დან გვაქვს:

$$d^{y_1} (y_1 - x_1)^{x_1} = \left(\frac{y_1}{y_1 - x_1} \right)^{x_1}. \quad (4)$$

(4)-ის მარცხენა მხარე ნატურალური რიცხვია, ამიტომ **ლემის •** თანახმად

$$y_1 - x_1 = 1, \text{ საიდანაც } y_1 = x_1 + 1. \quad (5)$$

(5)-ის (4)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{x_1+1} = (x_1 + 1)^{x_1} \Rightarrow d = \left(\frac{x_1 + 1}{d} \right)^{x_1}. \quad (6)$$

(6)-ს რომ ჰქონდეს ამონახსნი, უნდა მოვიპოვოთ $k \in N \setminus \{1\}$, რომლისთვისაც $x_1 + 1 = kd$. (6)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ

$$d = k^{kd-1}. \quad (7)$$

ვინაიდან ყოველი $n \in N$ -სათვის $n < 2^{2^{n-1}}$, ამიტომ (6)-ს არ გააჩნია ამონახსნი და, აქედან გამომდინარე, არც (1)-ს ექნება ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

ამოცანა VI. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^{x-y} = x^y \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1)-ის ამონახსნებია: x_0, y_0 და ამასთან

$$x_0 = x_1 d, \quad y_0 = y_1 d, \quad (2)$$

სადაც $d = (x_0, y_0)$.

(2)-ის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{(x_1 - y_1)d} (x_1 + y_1)^{(x_1 - y_1)d} = x_1^{y_1 d} d^{y_1 d}. \quad (3)$$

(3)-დან

$$\frac{(x_1 + y_1)^{x_1 - y_1}}{x_1^{y_1}} = d^{2y_1 - x_1}. \quad (4)$$

ვთქვათ, $x_1 \neq 1$, მაშინ

$$(x_1, y_1) = 1 \Rightarrow (x_1 + y_1, x_1) = 1 \Rightarrow \left((x_1 + y_1)^{x_1 - y_1}, x_1^{y_1} \right) = 1. \quad (5)$$

(4)-ის მარჯვენა მხარე ან მისი შებრუნებული ნატურალური რიცხვია. (5)-დან გამომდინარე, (4)-ის არც მარცხენა მხარე და არც მისი შებრუნებული სიდიდე არ შეიძლება იყოს ნატურალური რიცხვი, ე.ი. $x_1 \neq 1$ - სათვის (4)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

თუ $x_1 = 1$, მაშინ (4)-დან მარტივად მიიღება $x_1 = y_1 = d = 1$.

ე.ი. (1)-ს აქვს ერთადერთი ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში: $x_0 = y_0 = 1$.

ამოცანა VII. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^{z-y} = y^x \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1)-ის ამონახსნებია: x_0, y_0 და ამასთან

$$x_0 = x_1 d, \quad y_0 = y_1 d, \quad (2)$$

სადაც $d = (x_0, y_0)$.

(2)-ის (1)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{(x_1-y_1)d} (x_1 + y_1)^{(x_1-y_1)d} = y_1^{x_1 d} d^{x_1 d}, \quad (3)$$

საიდანაც

$$d^{x_1-y_1} (x_1 + y_1)^{x_1-y_1} = y_1^{x_1} d^{x_1}. \quad (4)$$

(4)-დან

$$d^{y_1} = \frac{(x_1 + y_1)^{x_1-y_1}}{y_1^{x_1}}. \quad (5)$$

$$(x_1, y_1) = 1 \Rightarrow (x_1 + y_1, y_1) = 1 \Rightarrow \left((x_1 + y_1)^{x_1-y_1}, y_1^{y_1} \right) = 1. \quad (6)$$

(5)-ის მარცხენა მხარე ნატურალური რიცხვია, მარჯვენა მხარეც რომ იყოს ნატურალური, (6) გამომდინარე, y_1 აუცილებლად უნდა იყოს 1-ის ტოლი, ე.ი. $y_1 = 1$.

(5)-ში ჩასმით $d = (x_1 + 1)^{x_1-1}$. საბოლოოდ გვაქვს, რომ (1)-ის ყველა ამონახსნის წყვილი მიიღება მოცემული სისტემიდან:

$$\begin{cases} x = t(t+1)^{t-1}, \\ y = (t+1)^{t-1} \\ t \in \mathbb{N} \end{cases}$$

ამოცანა VIII. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^y = (x - y)^x, \quad (x > y) \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1) განტოლების ამონახსნებია: x_0 და y_0 , სადაც $(x_0, y_0) = d$, $x_0 = x_1 d$ და $y_0 = y_1 d$. ე.ი. $(x_1, y_1) = 1$, $x_1, y_1 \in N$.

(1)-ში ჩასმით და გამარტივებით

$$(x_1 + y_1)^{y_1} = (x_1 - y_1)^{x_1} d^{x_1 - y_1}, \quad (2)$$

ე.ი.

$$\left(\frac{x_1 + y_1}{x_1 - y_1} \right) \in N_1 \text{ ანუ } \left(1 + \frac{2y_1}{x_1 - y_1} \right) \in N \Rightarrow \frac{2y_1}{x_1 - y_1} \in N.$$

ამ უკანასკნელიდან **ლემის •** თანახმად

$$x_1 - y_1 = 1, (3) \text{ ან } x_1 - y_1 = 2. \quad (4)$$

განვიხილოთ შემთხვევა (3)

$$x_1 - y_1 = 1 \Rightarrow y_1 = x_1 - 1.$$

ცხადია, $x_1 > 1$.

(2)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ

$$d = (2x_1 - 1)^{x_1 - 1}.$$

ე.ი. (1)-ის ამონახსნებია:

$$x_0 = x_1(2x_1 - 1)^{x_1 - 1} \text{ და } y_0 = (x_1 - 1)(2x_1 - 1)^{x_1 - 1}, \quad (5)$$

სადაც

$$x_1 \in N \setminus \{1\}.$$

განვიხილოთ შემთხვევა (4)

$$x_1 - y_1 = 2 \Rightarrow y_1 = x_1 - 2.$$

ცხადია, $x \in N \setminus \{1; 2\}$.

(2)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ

$$(x_1 - 1)^{x_1 - 2} = (2d)^2. \quad (6)$$

(6)-დან ჩანს, რომ x_1 არ შეიძლება იყოს ლუწი რიცხვი, ამიტომ

$$x_1 - 1 = (2n)^2, \text{ სადაც } n \in N \text{ ანუ } x_1 = 4n^2 + 1.$$

(6)-დან $d = \frac{(2n)^{4n^2 - 1}}{2}$, ე.ი.

$$x_0 = (4n^2 + 1) \cdot \frac{(2n)^{4n^2-1}}{2}; \quad y_0 = (4n^2 - 1) \cdot \frac{(2n)^{4n^2-1}}{2}. \quad (7)$$

საბოლოოდ გვაქვს, რომ (1)-ის ყველა ამონახსნი მოიცემა (5) და (7) ფორმულებით.

ამოცანა IX. ამოხსენით განტოლება

$$(x - y)^{x+y} = x^{x-y} \quad (x > y) \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1) განტოლების ამონახსნებია: x_0 და y_0 , $x_0 = x_1 d$, $y_0 = y_1 d$, სადაც $d = (x_0, y_0)$, $x_1, y_1, d \in N$. (1)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$d^{(x_1+y_1)} \cdot (x_1 - y_1)^{(x_1+y_1)d} = x_1^{(x_1-y_1)d} \cdot d^{(x_1+y_1)d},$$

საიდანაც

$$d^{2y_1} (x_1 - y_1)^{2y_1} = \left(\frac{x_1}{x_1 - y_1} \right)^{x_1 - y_1}. \quad (2)$$

(2)-ის მარცხენა მხარე ნატურალური რიცხვია. ამიტომ ნატურალური უნდა იყოს $\left(\frac{x_1}{x_1 - y_1} \right)$ -იც. ეს **ლემის**

● თანახმად, $x_1 - y_1 = 1 \Leftrightarrow y_1 = x_1 - 1$. (2)-ში ჩასმით და გამარტივებით მივიღებთ

$$d^{2(x_1-1)} = x_1. \quad (3)$$

მათემატიკური ინდუქციის მეთოდის გამოყენებით ადვილად მტკიცდება, რომ თუ $x_1 \in N \setminus \{1\}$, მაშინ $2^{2(x_1-1)} > x_1$, ამიტომ (3)-დან მივიღებთ, რომ $d = 1$ და $x_1 = 1$, რაც შეუძლებელია, ვინაიდან $x_1, y_1 \in N$ და $x_1 > y_1$, ე.ი. (1)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

ამოცანა X. ამოხსენით განტოლება

$$(x + y)^{x-y} = (x - y)^x \quad (x > y) \quad (1)$$

ნატურალურ რიცხვებში.

ამოხსნა

ვთქვათ, (1) განტოლების ამონახსნებია: x_0 და y_0 , $x_0 = x_1 d$, $y_0 = y_1 d$, სადაც $x_1, y_1, d \in N$; $(x_0, y_0) = d$. (1)-ში ჩასმითა და გამარტივებით მივიღებთ

$$(d(x_1 + y_1))^{(x_1-y_1)d} = (d(x_1 - y_1))^{x_1 d}, \quad (2)$$

საიდანაც

$$d^{x_1 - y_1} (x_1 + y_1)^{x_1 - y_1} = d^{x_1} (x_1 - y_1)^{x_1 d}, \quad (3)$$

აქედან

$$\left(\frac{x_1 + y_1}{x_1 - y_1}\right)^{x_1 - y_1} = d^{x_1} (x_1 - y_1)^{y_1}. \quad (4)$$

ე.ი. $\frac{x_1 + y_1}{x_1 - y_1} = 1 + \frac{2y_1}{x_1 - y_1} \in N$, ანუ **ლემის •** თანახმად გვაქვს:

$$\begin{cases} x_1 - y_1 = 1, \\ x_1 - y_1 = 2. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y_1 = x_1 - 1, \\ y_1 = x_1 - 2. \end{cases} \quad (5)$$

$$(6)$$

(5)-ის (4)-ში ჩასმით მივიღებთ $d^{x_1-1} = 2x_1 - 1$, საიდანაც $d = 1$ და $x_1 = 1$, ვინაიდან წინააღმდეგ შემთხვევაში

$$d^{x_1-1} \geq 2^{x_1-1} \geq 2x_1 - 1. \quad (7)$$

მათემატიკური ინდუქციის მეშვეობით ადვილი დასამტკიცებელია უტოლობა

$$2^{x_1-1} > 2x_1 - 1, \text{ სადაც } x_1 \in N \setminus \{1\}.$$

ე.ი. ამ შემთხვევაში არა აქვს ამონახსნი, მაშინ $y_1 = 1 - 1 = 0 \notin N$.

(6)-ის (4)-ში ჩასმით მივიღებთ

$$\left(\frac{2x_1 - 2}{2}\right)^2 = d^{x_1-2} \cdot 2^{x_1-2} \Leftrightarrow (x_1 - 1)^2 = (2d)^{x_1-2}. \quad (8)$$

თუ $\begin{cases} d > 1 \\ x_1 > 2 \end{cases}$, მაშინ მათემატიკური ინდუქციის მეთოდით ადვილი დასამტკიცებელია, რომ $(2d)^{x_1-2} > (x_1 - 1)^2$.

თუ $d = 1$, (8)-დან

$$2^{x_1-2} = (x_1 - 1)^2. \quad (9)$$

(9)-დან $(x_1 - 1)$ და $(x_1 - 2)$ ერთდროულად უნდა იყოს ლუწი, რაც შეუძლებელია. ე.ი. (9)-ს არ გააჩნია ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში და, მაშასადამე, არც (1) -ს ექნება ამონახსნი ნატურალურ რიცხვებში.

თეორემა *: თუ $(a, b) = 1$, მაშინ $a^2 + ab + b^2$ (1)-ის თითოეულ გამყოფს აქვს (1)-ის სახე.

ჯერ დავამტკიცოთ **ლემა 1** და **ლემა 2**.

ლემა 1. თუ $(a, b) = 1$ და $a^2 + ab + b^2$ სახის რიცხვი იყოფა $c^2 + cd + d^2 = p$ ($a, b, c, d \in N$) მარტივ რიცხვზე, მაშინ განაყოფიც ზემომოცემული სახის რიცხვად შეიძლება წარმოვადგინოთ.

დამტკიცება

განვიხილოთ იგივეობები:

$$\begin{cases} (a^2 + ab + b^2)(c^2 + cd + d^2) = (ac - bc)^2 + (ac - bd)(ad + bc + bd) + (ad + bc + bd)^2 & (1) \\ (a^2 + ab + b^2)(c^2 + cd + d^2) = (ab + bc)^2 + (ad - bc)(ac + bd + bc) + (ac + bd + bc)^2 & (2) \\ (ac - bd)(ac + bd + bc) = c^2(a^2 + ab + b^2) - b^2(c^2 + cd + d^2) & (3) \\ (ad - bc)(ad + bc + bd) = d^2(a^2 + ab + b^2) - b^2(c^2 + cd + d^2) & (4) \end{cases}$$

ვთქვათ, $a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}$, სადაც $(a, b, c, d \in \mathbb{N})$ და $c^2 + cd + d^2 = p$ მარტივი რიცხვია; ცხადია $(c, d) = 1$.

როგორც (3) და (4)-დან ჩანს შესაძლებელია შემდეგი შემთხვევები:

$$I. \begin{cases} ac - bd \equiv 0 \pmod{p}, \\ ad - bc \equiv 0 \pmod{p}, \\ c^2 + cd + d^2 = p, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (c - d)(a + b) \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}. \Rightarrow \\ (a, b) = 1, (c, d) = 1. \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a + b \equiv 0 \pmod{p}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a^2 + 2ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ab \equiv 0 \pmod{p}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1. \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a \equiv 0 \pmod{p}, \\ b \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1. \end{cases} \Rightarrow p = 1. \text{ ეს კი შეუძლებელია.}$$

$$II. \begin{cases} ac - bd \equiv 0 \pmod{p}, \\ ad + bc + bd \equiv 0 \pmod{p}. \end{cases} \text{ (1)-დან ცხადია, რომ წარმოდგენა შესაძლებელია;}$$

$$III. \begin{cases} ac + bd + bc \equiv 0 \pmod{p}, \\ ad - bc \equiv 0 \pmod{p}. \end{cases} \text{ (2)-დან ცხადია, რომ წარმოდგენა შესაძლებელია;}$$

$$IV. \begin{cases} ac + bd + bc \equiv 0 \pmod{p}, \\ ad + bc + bd \equiv 0 \pmod{p}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1, (c, d) = 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a(c - d) \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}, \\ (a, b) = 1, (c, d) = 1. \end{cases}$$

$$\begin{cases} a \equiv 0 \pmod{p}, \\ a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a \equiv 0 \pmod{p}, \\ b \equiv 0 \pmod{p}, \\ (a, b) = 1. \end{cases} \Rightarrow p = 1. \text{ ეს კი შეუძლებელია.}$$

აქედან გამომდინარე, (1)-ის და (2)-ის $(c^2 + cd + d^2)^2$ -ზე გაყოფით მივიღებთ დასამტკიცებელს.

ე.ი. თუ $a^2 + ab + b^2 \equiv 0 \pmod{(c^2 + cd + d^2)}$, სადაც $(a, b, c, d \in \mathbb{N}, (a, b) = 1)$ და $c^2 + cd + d^2 = p$ მარტივი რიცხვია, მაშინ განაყოფსაც აქვს მოცემული სახე (ე.ი. შეიძლება წარმოვადგინოთ $A^2 + AB + B^2$ სახით, სადაც $A, B \in \mathbb{N}$. რ.დ.გ.

ლემა 2. თუ $a^2 + ab + b^2$ (1) სახის რიცხვი, სადაც $a, b \in N$ და $(a, b) = 1$, იყოფა მარტივ რიცხვზე, რომელიც არ წარმოდგება ასეთი სახით, განაყოფს აქვს გამყოფი, რომელიც არ წარმოდგება (1) სახით.

დამტკიცება

დავუშვათ, რომ

$$a^2 + ab + b^2 = x \cdot P_1, P_2, \dots, P_n. \tag{2}$$

თუ P_1, P_2, \dots, P_n ყველა მარტივ გამყოფს აქვს (1) სახე, მაშინ (2)-ის თანამიმდევრობით გაყოფით P_1 -ზე, P_2 -ზე და ა.შ. P_n -ზე, წინა თეორემის ძალით, თითოეულ გამყოფს x -ის ჩათვლით უნდა ჰქონდეს (1) სახე. ეს კი ეწინააღმდეგება **ლემა 2**-ის პირობას. ამიტომ რომელიმე P_i -ს, $i = 1, \dots, n$, არა აქვს (1) სახე. რ.დ.გ.

ახლა დავამტკიცოთ

თეორემა *. თუ $a, b \in N$ და $(a, b) = 1$, მაშინ $(a^2 + ab + b^2)$ (1)-ის თითოეულ გამყოფს ექნება (1)-ის სახე.

ამოხსნა

ვთქვათ, $(a, b) = 1$, $a, b \in N$ და $(a^2 + ab + b^2)$ -ის x გამყოფს არა აქვს (1) სახე. ამასთან, ვთქვათ, $a^2 + ab + b^2$ არის ასეთ რიცხვებს შორის უმცირესი. ცხადია, a და b შემდეგი სახის შეიძლება წარმოვადგინოთ:

$$a = mx + (-1)^k c; \quad b = nx + (-1)^\ell d; \tag{2}$$

სადაც $m, n \in Z_0$; $c, d, k, \ell \in N$; $0 < x < \frac{x}{2}$, $0 < d < \frac{x}{2}$,

მაშინ

$$\begin{aligned} a^2 + ab + b^2 &= (mx + (-1)^k c)^2 + (mx + (-1)^k c)(nx + (-1)^\ell d) + (nx + (-1)^\ell d)^2 = \\ &= (m^2 + mn + n^2)x + (2(-1)^k mc + (-1)^\ell md + (-1)^k nc + 2(-1)^\ell nd)x + \\ &\quad + (c^2 + (-1)^{k+\ell} cd + d^2). \end{aligned} \tag{3}$$

შევნიშნოთ, რომ თუ k და ℓ ერთდროულად კენტია, მაშინ $mn \neq 0$. (4)

ვაჩვენოთ, რომ (2) და (4) პირობით (3)-ის პირველი ორი შესაკრების ჯამი დადებითია. მართლაც

$$\begin{aligned} &(m^2 + mn + n^2)x + (2(-1)^k mc + (-1)^\ell md + (-1)^k nc + 2(-1)^\ell nd)x > \\ &+ (-2mc - md - nc - 2nd)x > (m^2 + mn + n^2)x^2 + \left(-2m \frac{x}{2} - m \frac{x}{2} - n \frac{x}{2} - 2n \frac{x}{2}\right)x = \\ &= (2m^2 + 2mn + 2n^2 - 3m - 3n) \frac{x^2}{2} = (m(2m + n - 3) + n(2n + m - 3)) \frac{x^2}{2} > 0, \end{aligned} \tag{5}$$

ვინაიდან $m \geq 1$; $n \geq 1$ და $x \in N$, ე.ი.

$$c^2 + (-1)^{k+\ell} cd + d^2 < a^2 + ab + b^2 \text{ და } c^2 + (-1)^{k+\ell} cd + d^2 \equiv 0 \pmod{x}. \tag{6}$$

შევნიშნოთ, რომ

$$c^2 - cd + d^2 = (c - d)^2 + d(c - d) + d^2, \quad (7)$$

$$c^2 - cd + d^2 = (d - c)^2 + d(d - c) + c^2, \quad (8)$$

$$\begin{cases} 0 < c < \frac{x}{2}, \\ 0 < d < \frac{x}{2}. \end{cases} \Rightarrow |c - d| < \frac{x}{2}. \quad (9)$$

ვთქვათ, k და ℓ სხვადასხვა ლუწ-კენტოვნებისაა, მაშინ (6)-დან გვაქვს:

$$c^2 + cd + d^2 = yx. \quad (10)$$

თუ c -სა და d -ს აქვს 1-ზე მეტი საერთო გამყოფი, მაშინ ის არ ყოფს x -ს, ვინაიდან ის გაყოფდა a -სა და b -საც, მაგრამ $(a, b) = 1$. (10)-ის საერთო გამყოფის კვადრატზე გაყოფით, მივიღებთ

$$e^2 + ef + f^2 = zx, \quad (11)$$

ამასთან

$$e^2 + ef + f^2 < c^2 + cd + d^2 < \frac{3x^2}{4} < x^2 < a^2 + ab + b^2.$$

ე.ი. მივიღეთ $e^2 + ef + f^2 < a^2 + ab + b^2$ და მასაც აქვს გამყოფი, რომელსაც არა აქვს (1) სახე. ეს კი მიგვიყვანს უსასრულო დაშვებამდე.

ე.ი. თუ $(a, b) = 1$, მაშინ (11)-ს აქვს მხოლოდ და მხოლოდ (1) სახის გამყოფები.

თუ k და ℓ ერთნაირი ლუწ-კენტოვნებისაა, მაშინ:

$$c^2 + cd + d^2 = yx \text{ და თუ } c > d.$$

(9)-იდან

$$(c - d)^2 + d(c - d) + d^2 = yx, \quad (12)$$

ხოლო, თუ $c < d$, მაშინ (10)-დან

$$(d - c)^2 + c(d - c) + c^2 = xy. \quad (13)$$

ანალოგიური მსჯელობით, როგორც (10)-ში, მივიღებთ დასამტკიცებელს ანუ თუ $(a, b) = 1$, (1)-ს აქვს $(a^2 + ab + b^2)$ -ის სახის გამყოფები.

ამ თეორემის გამოყენებით მოვიყვანოთ მაგალითი. ამოვხსნათ განტოლება $x^2 + xy + y^2 = n$. ამ განტოლების ამოხსნამდე წინასწარ შეგვიძლია დავადგინოთ ამოხსნადია თუ არა ის. n -ის კანონიკურ დაშლაში კენტხარისხიანი მარტივი რიცხვებიდან თუ რომელიმეს არა აქვს პირველი სახე, მაშინ ამ განტოლებას არ გააჩნია ამონახსნი.

აქვე მოკლედ გვინდა მიმოვიხილოთ ჩვენი კვლევები ფიბონაჩის რიცხვების სფეროში.

უამრავი შრომა დაწერილი ფიბონაჩის რიცხვებზე და ამდენად თითქმის შესწავლილი უნდა იყოს მისი თვისებები, მაგრამ (მორლევას თეორემისა არ იყოს) ის შესანიშნავი თვისება, რომ ნებისმიერი სამკუთხედის თითოეული კუთხის ტრისექციის სხივების თანაკვეთაში (როგორც შიგა კუთხეების, ასევე გარე კუთხეებისაც) ყოველთვის მიიღება ტოლგვერდა სამკუთხედი, რომლის აღმოჩენიდან ჯერ არ გასულა 90 წელი, გვაფიქრებინებს, რომ მავანმა და მავანმა ერთ მშვენიერ დღეს შეიძლება აღმოაჩინოს ფიბონაჩის რიცხვების, დღევანდლამდე უცნობი, გასაოცარი თვისება.

ჩვენ გვსურს ყურადღება გავამახვილოთ რამდენიმე ფაქტზე.

ცნობილია, რომ ბინემ

$$u_n = \frac{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^n - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^n}{\sqrt{5}} \quad (14)$$

ფორმულის გამოსაყვანად გამოიყენება განტოლება

$$x^2 = x+1. \quad (15)$$

ისმება კითხვა, რატომ მაინცდამაინც 15 განტოლება? ცხადია, როცა შედეგად მიიღო დიდებული ფორმულა და ნახა რომ შემოწმებისას ყველაფერი რიგზეა, აღარ ჰქონდა სურვილი აეხსნა, რა გზით მივიდა ამ ფორმულამდე. მეორე მხრივ, (15) ფორმულა თავისთავად შობს შემდეგი განტოლებების განხილვის მიზანშეწონილობასაც. ეს განტოლებებია:

$$x^3 = x^2 + x + 1; \quad (16)$$

$$x^4 = x^3 + x^2 + x + 1; \quad (17)$$

$$x^5 = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1, \quad (18)$$

$$\dots; x^n = x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x^2 + x + 1. \quad (19)$$

ამ განტოლებების განხილვის მიზანშეწონილობას ხაზს უსვამს კიდევ ერთი გარემოება. ვიდრე მასზე ვისაუბრებდეთ, შევნიშნოთ, რომ ჩამოთვლილთაგან მხოლოდ (16) განტოლების მხარეების გრაფიკებია ჩვენთვის მარტივი აღსაქმელი, ხოლო უკვე (17)-ში დიდი წვალების შემდეგ გახდება ჩვენთვის მეტ-ნაკლებად ნათელი შემდეგ განტოლებებზე უკვე სურვილი გვეკარგება.

სხვაგვარად იქნება საქმე, თუ ვიმოქმედებთ შემდეგნაირად:

$$\begin{cases} n \in N; \\ x^n = x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x^2 + x + 1; \\ x \geq 1. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n \in N; \\ x^n(x-1) = (x-1)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + x^2 + x + 1); \\ x \geq 1 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} n \in N; \\ x^n(x-1) = x^n - 1; \\ x \geq 1. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n \in N; \\ x^n = \frac{1}{2-x}; \\ x \geq 1, \quad 2-x > 0. \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n \in N; \\ x^n = \frac{1}{2-x}; \\ x \in [1; 2). \end{cases}$$

ახლა უკვე ნათელი ხდება, რასთან გვაქვს საქმე (სურ. 1, 2, 3).

განვიხილოთ $x^n = \frac{1}{2-x}$

$n=1 \Leftrightarrow x=1$

$$n=2 \Rightarrow \begin{cases} x = \frac{1-\sqrt{5}}{2} \\ x = 1 \\ x = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,6180 \end{cases}$$

$$n=3 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ x = 1,83928 \end{cases}$$

$$n=4 \Rightarrow \begin{cases} x = -0,7748 \\ x = 1 \\ x = 1,9275 \end{cases}$$

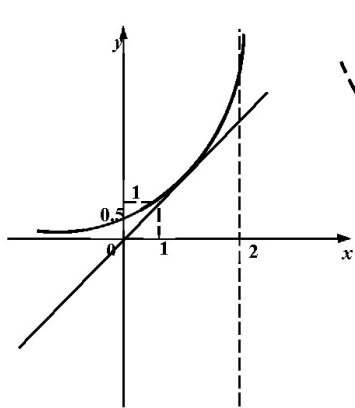
$$n=5 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ x = 1,96594 \end{cases}$$

$$n=6 \Rightarrow \begin{cases} x = -0,8403 \\ x = 1 \\ x = 1,98358 \end{cases}$$

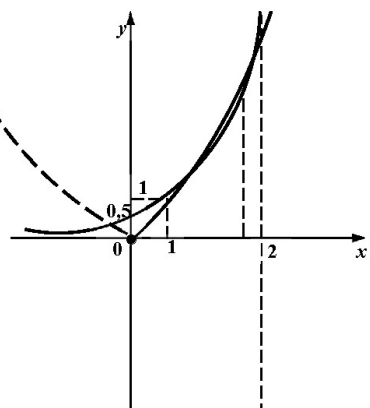
$$n=7 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ x = 1,99196 \end{cases}$$

$$n=8 \Rightarrow \begin{cases} x = -0,876 \\ x = 1 \\ x = 1,99603 \end{cases}$$

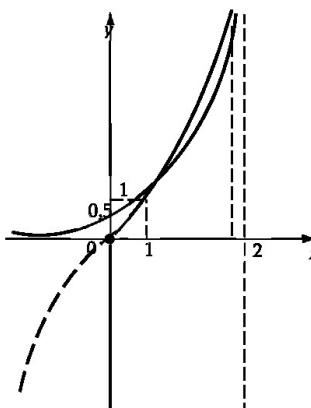
$$n=0 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ x = 1,99802 \end{cases}$$



სურ. 1



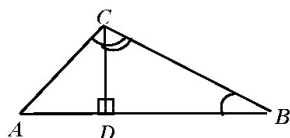
სურ. 2



სურ. 3

ჩნდება კითხვა, ხომ არ არის საჭირო გადაიხედოს ოქროს კვეთის მახასიათებელი რიცხვი $q = 1,6180$ და

ხომ არ არის ყურადსაღები აქ მიღებული მნიშვნელობები: 1; 1,83928; 1,9275; 1,98358; 1,99603; 1,99196; 1,99802 და ა.შ.



შევეხოთ ზოგიერთ ამოცანას აგებაზე.

ვთქვათ, მოცემულია რაიმე MN მონაკვეთი, $|MN| = a \neq 1$, იმისათვის, რომ ავაგოთ მონაკვეთები: a^2 ; a^3 ; a^4 ; ...; a^n , საჭიროა ჩავატაროთ შემდეგი მოქმედებები:

1) რაიმე p წრფეზე ავილოთ D და B წერტილები ისე, რომ: $|DB| = 1$, $\hat{BDC} = 90^\circ$ და $|CD| = a$. მაშინ თუ C წერტილიდან აღვმართავთ მართობს p წრფის გადაკვეთამდე, მივიღებთ, რომ

$$|CD|^2 = |AD| \cdot |BD| \Rightarrow a^2 = |AD| \cdot 1 \Rightarrow |AD| = a^2.$$

2) შემდეგ ანალოგიურად ავაგებთ $\Delta A_1 C_1 B_1$ -ს, სადაც $|D_1 B_1| = a$; $|C_1 D_1| = a^2$; $\hat{A}_1 C_1 B_1 = \hat{C}_1 D_1 B_1 = 90^\circ$, მაშინ $|C_1 D_1|^2 = |A_1 D_1| \cdot |D_1 B_1| \Rightarrow (a^2)^2 = |A_1 D_1| \cdot a \Rightarrow |A_1 D_1| = a^3$ და ა.შ.

ავაგებთ $\Delta A_{n-1} C_{n-1} B_{n-1}$, სადაც

$$|D_1 B_1| = a^{n-2}; |C_1 D_1| = a^{n-1}; A_{n-1} \hat{C}_{n-1} B_{n-1} = C_{n-1} \hat{D}_{n-1} B_{n-1} = 90^\circ.$$

აქ

$$|C_{n-1} D_{n-1}|^2 = |A_{n-1} D_{n-1}| \cdot |D_{n-1} B_{n-1}| \Rightarrow (a^{n-1})^2 = |A_{n-1} D_{n-1}| \cdot a^{n-2} \Rightarrow |A_{n-1} D_{n-1}| = a^n.$$

ე.ი. თუ მოცემული გვაქვს რაიმე $[MN]$, ისეთი რომ $|MN| = a \neq 1$, მაშინ ადვილი ასაგებია a^n სიგრძის მონაკვეთი. ცნობილია, რომ ასევე მარტივი ასაგები იქნება $(2-a)$ სიგრძის მონაკვეთიც.

ახლა განვიხილოთ შემდეგი სახის მიმდევრობები:

- 1) $u_1 = u_2 = u_3 = 1, \quad u_n = u_{n-1} + u_{n-2} + u_{n-3};$
- 2) $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = 1, \quad u_n = u_{n-1} + u_{n-2} + u_{n-3} + u_{n-4}$
- 3) $u_1 = u_2 = \dots u_k = 1, \quad u_n = u_{n-1} + \dots + u_{n-k}.$

ამ მიმდევრობებს ვუწოდოთ **ფსევდოფიბონაჩის (Fibonacci-Bussu)** რიცხვები: 1) ფსევდოფიბონაჩის რიცხვები არის მე-3 რიგის მიმდევრობა; 2) ფსევდოფიბონაჩის რიცხვები არის მე-4 რიგის მიმდევრობა; 3) k -ური რიგის მიმდევრობა.

განვიხილოთ პირველი მიმდევრობა

$$u_1 = u_2 = u_3 = 1, \quad u_4 = 3, \quad u_5 = 5, \quad u_6 = 9, \quad u_7 = 17, \quad u_8 = 31, \quad u_9 = 57, \\ u_{10} = 105, \quad u_{11} = 193$$

$$\boxed{u_n = 2u_{n-1} - u_{n-4}} \tag{1}$$

$$S_1 = 1, \quad S_2 = 2, \quad S_3 = 3, \quad S_4 = 6, \quad S_5 = 11, \quad S_6 = 20, \quad S_7 = 37, \quad S_8 = 68.$$

$$\boxed{S_n = 2S_{n-1} - S_{n-4}} \tag{2}$$

და დავამტკიცოთ.

ადვილი შესამჩნევია, რომ

$$u_5 = 2u_4 - 1 = 2u_4 - u_1$$

$$u_6 = 2u_5 - 1 = 2u_5 - u_2$$

$$u_7 = 2u_6 - 1 = 2u_6 - u_3$$

$$u_8 = 2u_7 - 3 = 2u_7 - u_4$$

$$u_9 = 2u_8 - 5 = 2u_8 - u_5$$

$$u_{10} = 2u_9 - 9 = 2u_9 - u_6$$

.....

$$u_n = 2u_{n-1} - u_{n-4}$$

შევკრიბოთ

$$\begin{aligned} u_5 + u_6 + \dots + u_n &= 2(u_4 + u_5 + \dots + u_{n-1}) - (u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_{n-4}) \Rightarrow \\ \Rightarrow 6 + u_5 + u_6 + \dots + u_n &= 2(3 + u_4 + u_5 + \dots + u_{n-1}) - (u_1 + u_2 + \dots + u_{n-4}) \Rightarrow \\ \Rightarrow S_n &= 2S_{n-1} - S_{n-4}. \text{ რ.დ.გ.} \end{aligned}$$

ადვილი საჩვენებელია, რომ თუ $S_1 + S_2 + \dots + S_n \equiv S'_n$, მაშინ ანალოგიურად მივიღებთ $S'_n = 2S'_{n-1} - S'_{n-4}$ ყოველი $n \in N \setminus \{1; 2; 3; 4\}$ და ა.შ.

ფსევდოფიბონაჩის რიცხვებს განესაზღვრავთ რეკურენტულად, ინდუქტიურად, მათი ნომრის მიხედვით. შესაძლებელია ასევე ვიპოვოთ ამ მიმდევრობის ნებისმიერი წევრი.

ამისათვის გამოვიკვლიოთ სხვადასხვა მიმდევრობა $u_1, u_2, \dots, u_n, \dots$, რომლებიც აკმაყოფილებენ დამოკიდებულებას:

$$u_n = 2u_{n-1} - u_{n-4}. \tag{7}$$

ყველა ასეთ მიმდევრობას დავარქვათ განტოლება (7)-ის ამოხსნები.

აღვნიშნოთ შესაბამისად V, V', V'' და V''' -ით მიმდევრობები:

$$v_1, v_2, v_3, \dots$$

$$v'_1, v'_2, v'_3, \dots$$

$$v''_1, v''_2, v''_3, \dots$$

$$v'''_1, v'''_2, v'''_3, \dots$$

თავდაპირველად დავამტკიცოთ ორი ლემა.

ლემა 1. თუ V არის (7)-ის ამონახსნი, ხოლო $c \in R$, მაშინ cV (ანუ მიმდევრობა cv_1, cv_2, cv_3, \dots) ასევე (7)-ის ამონახსნია.

გავამრავლოთ $v_n = 2v_{n-1} - v_{n-4}$ დამოკიდებულება წევრ-წევრად c -ზე, მივიღებთ

$$cv_n = 2cv_{n-1} - cv_{n-4}. \text{ რ.დ.გ.}$$

ლემა 2. თუ V' , V'' და V''' (7)-ის ამონახსნებია, მაშინ მათი ჯამი $V' + V'' + V'''$ (ანუ მიმდევრობა $v'_1 + v''_1 + v'''_1, v'_2 + v''_2 + v'''_2, v'_3 + v''_3 + v'''_3, \dots$) ასევე (7)-ის ამონახსნია.

ლემის პირობიდან გვაქვს

$$v'_n = 2v'_{n-1} - v'_{n-4}$$

და

$$v''_n = 2v''_{n-1} - v''_{n-4}, \quad v'''_n = 2v'''_{n-1} - v'''_{n-4}.$$

ამ ტოლობების წევრ-წევრად შეკრებით მივიღებთ

$$v'_n + v''_n + v'''_n = 2(v'_{n-1} + v''_{n-1} + v'''_{n-1}) - (v'_{n-4} + v''_{n-4} + v'''_{n-4}).$$

ამით ლემა დამტკიცებულია.

ვთქვათ, ახლა V' , V'' , V''' (7)-ის სამი პროპორციული ამონახსნია (ანუ ორი ისეთი ამონახსნია, რომ ნებისმიერი c -სთვის მოიძებნება ისეთი ნომერი n , რომლისთვისაც $\frac{v'_n}{v''_n} \neq c$). ვაჩვენოთ, რომ ყოველი V

მიმდევრობა, რომელიც (7)-ის ამონახსნია, შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$c_1 V' + c_2 V'' + c_3 V''', \tag{8}$$

სადაც c_1 და c_2 მუდმივებია. ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ (8) არის (7)-ის ზოგადი ამონახსნი.

ავიღოთ ახლა (7)-ის რომელიმე V ამონახსნი, სადაც v_1 , v_2 და v_3 მოცემული მისი პირველი სამი წევრია.

ვიპოვოთ ისეთი c_1 , c_2 და c_3 , რომლისთვისაც ადგილი აქვს შემდეგ სისტემას:

$$\begin{cases} c_1 v'_1 + c_2 v''_1 + c_3 v'''_1 = v_1 \\ c_1 v'_2 + c_2 v''_2 + c_3 v'''_2 = v_2 \\ c_1 v'_3 + c_2 v''_3 + c_3 v'''_3 = v_3 \end{cases} \tag{9}$$

(7) პირობიდან სისტემა (8) ამოხსნადია c_1 , c_2 და c_3 -ის მიმართ

$$c_1 = \frac{\Delta c_1}{\Delta} \quad \Delta c_1 = \begin{vmatrix} v_1 & v''_1 & v'''_1 \\ v_2 & v''_2 & v'''_2 \\ v_3 & v''_3 & v'''_3 \end{vmatrix}$$

$$c_2 = \frac{\Delta c_2}{\Delta} \quad \Delta c_2 = \begin{vmatrix} v'_1 & v_1 & v'''_1 \\ v'_2 & v_2 & v'''_2 \\ v'_3 & v_3 & v'''_3 \end{vmatrix}$$

$$c_3 = \frac{\Delta c_3}{\Delta} \quad \Delta c_3 = \begin{vmatrix} v'_1 & v''_1 & v_1 \\ v'_2 & v''_2 & v_2 \\ v'_3 & v''_3 & v_3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} v'_1 & v''_1 & v'''_1 \\ v'_2 & v''_2 & v'''_2 \\ v'_3 & v''_3 & v'''_3 \end{vmatrix}.$$

(7) პირობა ნიშნავს, რომ $\Delta \neq 0$. თუ მიღებულ c_1, c_2 და c_3 -ს ჩავსვამთ (8)-ში, მივიღებთ საძიებელ V მიმდევრობას.

მაშასადამე, (7) განტოლების ყველა ამონახსნის მისაღებად საკმარისია ვიპოვოთ მისი რაიმე არაპროპორციული სამი ამონახსნი.

ძებნა დავიწყოთ გეომეტრიულ პროგრესიებს შორის. **ლემა 1**-ის თანახმად, საკმარისია შემოვიფარგლოთ ისეთი პროგრესიის განხილვით, რომლის პირველი წევრი არის 1. ამრიგად, ავიღოთ პროგრესია

$$1, q, q^2, q^3, \dots$$

ის რომ იყოს (7)-ეს ამონახსნი, ამისათვის აუცილებელია ყოველი $\begin{cases} n > 4 \\ n \in N \end{cases}$ -სათვის შესრულდეს შემდეგი

პირობა:

$$q^n = 2q^{n-1} - q^{n-4}$$

ანუ, ვინაიდან $q \neq 1$, მივიღებთ

$$q^3 - q^2 - q - 1 = 0. \tag{10}$$

თუ (10)-ის ამონახსნებია: q_1, q_2, q_3 , მაშინ

$$q_1 = \frac{\sqrt[3]{19+3\sqrt{33}} + \sqrt[3]{19-3\sqrt{33}} + 1}{3};$$

$$q_2 = -\frac{\sqrt[3]{19+3\sqrt{33}} + \sqrt[3]{19-3\sqrt{33}} - 2}{6} + i\sqrt{3} \frac{(\sqrt[3]{19+3\sqrt{33}} - \sqrt[3]{19-3\sqrt{33}})}{6};$$

$$q_3 = -\frac{\sqrt[3]{19+3\sqrt{33}} + \sqrt[3]{19-3\sqrt{33}} - 2}{6} - i\sqrt{3} \frac{(\sqrt[3]{19+3\sqrt{33}} - \sqrt[3]{19-3\sqrt{33}})}{6};$$

$$c_3 = \frac{(1-q)(1-q_2)}{(q_3-q)(q_3-q_2)}.$$

შეენიშნოთ, რომ თითოეული ფესვისათვის უნდა შესრულდეს პირობა:

$$1+q_1+q_1^2 = q_1^3, 1+q_2+q_2^2 = q_2^3, 1+q_3+q_3^2 = q_3^3 \text{ და } q_1q_2q_3 = -1.$$

მივიღეთ სამი გეომეტრიული პროგრესია, რომლებიც (7)-ის ამონახსნებია. ანალოგიურად მიმდევრობა

$$c_1 + c_2 + c_3, c_1q_1 + c_2q_2 + c_3q_3, c_1q_1^2 + c_2q_2^2 + c_3q_3^2, \tag{11}$$

ასევე (7)-ის ამონახსნებია. ვინაიდან ნაპოვნ პროგრესიებს აქვს განსხვავებული მნიშვნელობები, ამიტომ ისინი არაპროპორციულია. ფორმულა (11) სხვადასხვა c_1, c_2 და c_3 -სათვის მოგვცემს (7)-ის ყველა ამონახსნს.

კერძოდ, რომელიმე c_1 და c_2 -სათვის (11) ფორმულა მოგვცემს ფსევდოფიბონაჩის მწკრივს. ამისათვის (11) გადავწეროთ ასე:

$$\begin{cases} c_1 + c_2 + c_3 = 1 \\ c_1 q_1 + c_2 q_2 + c_3 q_3 = 1 \\ c_1 q_1^2 + c_2 q_2^2 + c_3 q_3^2 = 1 \end{cases}$$

$$c_1 = \frac{\Delta c_1}{\Delta}, c_2 = \frac{\Delta c_2}{\Delta}, c_3 = \frac{\Delta c_3}{\Delta}.$$

$$\Delta c_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & q_2 & q_3 \\ 1 & q_2^2 & q_3^2 \end{vmatrix}, \Delta c_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ q_1 & 1 & q_3 \\ q_1^2 & 1 & q_3^2 \end{vmatrix}, \Delta c_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ q_1 & q_2 & 1 \\ q_1^2 & q_2^2 & 1 \end{vmatrix}, \Delta c_4 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ q_1 & q_2 & q_3 \\ q_1^2 & q_2^2 & q_3^2 \end{vmatrix}.$$

$$u_n = c_1 q_1^{n-1} + c_2 q_2^{n-1} + c_3 q_3^{n-1}.$$

ანალოგიურად მოვიქცევით იმ შემთხვევაშიც, როცა

$$u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = 1 \text{ და } u_n = u_{n-1} + u_{n-2} + u_{n-3} + u_{n-4} \text{ და ა.შ.}$$

დასკვნა

მნიშვნელოვანია p და q მარტივ რიცხვთათვის

$$A = \frac{p^q - 1}{p - 1} \text{ რიცხვის იმ მარტივ გამყოფთა}$$

რაოდენობის დადგენა, რომლებიც p -ზე ნაკლებია.

ამ მიზნით განვიხილოთ თეორემები:

თეორემა 1. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხ-

$$ვებია და $p = 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის სათი-$$

თაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც;

თეორემა 2. ვთქვათ, p და q კენტი მარტივი რიცხ-

$$ვებია და $p < 2q + 1$, მაშინ $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ რიცხვის ყველა$$

მარტივი გამყოფი მეტია p -ზე;

თეორემა 3. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია

$$\text{და } p \in N \setminus \{1\}, p \in]1; q] \cup [q + 2; 2q], \text{ მაშინ } A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$$

რიცხვის სათითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან თითოეული მეტია p -ზე;

თეორემა 4. ვთქვათ, q კენტი მარტივი რიცხვია

$$\text{და } p \in \{q + 1; 2q + 1\}, \text{ მაშინ } A = \frac{p^q - 1}{p - 1} \text{ რიცხვის სა-}$$

თითაოდ აღებული განსხვავებული მარტივი გამყოფებიდან, მხოლოდ ერთია p -ზე ნაკლები. A -ს აქვს მინიმუმ ორი განსხვავებული მარტივი გამყოფი მაინც.

$$\text{ამოცანა 1. ამოვხსნათ განტოლება } 2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1} \text{ ნა-}$$

ტურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

$$\text{ამოცანა 2. ამოვხსნათ განტოლება } 3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1} \text{ ნა-}$$

ტურალურ x, y, z რიცხვებში, ამასთან y უნდა იყოს მარტივი რიცხვი.

ამოცანა 3. ამოვხსნათ განტოლება $p^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$,

სადაც $p \in \{6; 7; 11; 13; \dots\}$ მარტივი რიცხვია x ,
 $y \in N$ მარტივია და y მარტივია.

ქვემოთ მოცემული ლემის მეშვეობით ადვილად
 ამოიხსნება ამოცანათა კლასი:

ლემა •. ვთქვათ, $a, b, n \in N$ და $(a, b) = 1$.

დავამტკიცოთ, რომ თუ $a^n \equiv 0 \pmod{|a-b|}$ ან
 $b^n \equiv 0 \pmod{|a-b|}$, მაშინ $|a-b| = 1$.

ამოვხსნათ განტოლებები $(1 - X)$ ნატურალურ x ,
 y რიცხვებში:

$$I. \left(\frac{x+y}{2}\right)^z = x^z - y^z;$$

$$VI. (x+y)^{x-y} = x^y;$$

$$II. (x+y)^z = (2x)^z + y^z;$$

$$VII. (x+y)^{x-y} = y^x;$$

$$III. (x+y)^z = (3x)^z + y^z;$$

$$VIII. (x+y)^y = (x-y)^x, (x > y);$$

$$IV. (y-x)^{x+y} = x^y, (y > x);$$

$$IX. (x-y)^{x+y} = x^{x-y};$$

$$V. (y-x)^{x+y} = y^x, (y > x);$$

$$X. (x+y)^{x-y} = (x-y)^x, (y > x).$$

თეორემა *. თუ $a, b \in N$ $(a, b) = 1$, მაშინ

$(a^2 + ab + b^2)$ -ის ყოველ გამყოფს აქვს ასეთივე სახე.

**შემოტანილია ფსევდოფიბონაჩის რიცხვების
 ცნება და ნაპოვნია მათი ზოგიერთი თვისება.**

ლიტერატურა

1. Matiyasevich Yu., Hilbert's tenth problem. MLT Press Cambridge. Massachusetts. 1993.
2. Yaglom A.E. Non-elementary tasks of elementary statement. Moscow: "Gostekhizdat". 1954. (In Russian).
3. Vorobyov N.N. Fibonacci numbers. Moscow: "Nauka". 1984. (In Russian).
4. Dickson L.E. Introduction to the theory of numbers. Academy of Sciences of GSSR. Tbilisi. 1941. (In Russian).
5. Agdgomelashvili Z. Diophantine geometric figures. Problems and solutions from the mathematical tournament of gifted children "Pythagorean Cup 2001-2004". Tbilisi: "Tsis-Nami". 2004. (In Georgian).
6. Agdgomelashvili Z. Collection of mathematical problems with solutions. Tb.: "Ganatileba". 1991. (In Georgian).
7. Agdgomelashvili Z. Mathematics (individual and group work). Tbilisi: "Tsis-Nami". 2001. (In Georgian).

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-150-188>

Some interesting tasks from the classical number theory

Zurab Agdgomelashvili Department of Mathematics, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: diophant_zura@rambler.ru

Reviewers:

Al. Kirtadze, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU

E-mail: kirtadze2@yahoo.com

K. Shavgulidze, Associate Professor, Faculty of Exact and Natural Sciences, TSU

E-mail: ketevan.shavgulidze@tsu.ge

Abstract. The article considers the following issues:

– It's of great interest for p and q primes to determine the number of those prime number divisors of a number

$A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ that are less than p . With this purpose we have considered:

Theorem 1. Let's p and q are odd prime numbers and $p = 2q + 1$. Then from various individual divisors of the

$A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ number, only one of them is less than p . A has at least two different simple divisors;

Theorem 2. Let's p and q are odd prime numbers and $p < 2q + 1$. Then all prime divisors of the number $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$

are greater than p ;

Theorem 3. Let's q is an odd prime number, and $p \in N \setminus \{1\}$, $p \in]l; q] \cup [q + 2; 2q]$, then each of the different prime divisors of the number $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ taken separately is greater than p ;

Theorem 4. Let's q is an odd prime number, and $p \in \{q + 1; 2q + 1\}$, then from different prime divisors of the number $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ taken separately, only one of them is less than p . A has at least two different simple divisors.

Task 1. Solve the equation $2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ in the natural numbers x, y, z . In addition, y must be a prime number.

Task 2. Solve the equation $3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ in the natural numbers x, y, z . In addition, y must be a prime number.

Task 3. Solve the equation $p^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ where $p \in \{6; 7; 11; 13; \dots\}$ are the prime numbers, $x, y \in N$ and y is a prime number.

There is a lemma with which the problem class can be easily solved:

Lemma •. Let's $a, b, n \in N$ and $(a, b) = 1$. Let's prove that if $a^n \equiv 0 \pmod{|a-b|}$, or $b^n \equiv 0 \pmod{|a-b|}$, then $|a-b|=1$.

Let's solve the equations (I – X) in natural x, y numbers:

- I. $\left(\frac{x+y}{2}\right)^z = x^z - y^z$; VI. $(x+y)^{x-y} = x^y$;
 II. $(x+y)^z = (2x)^z + y^z$; VII. $(x+y)^{x-y} = y^x$;
 III. $(x+y)^z = (3x)^z + y^z$; VIII. $(x+y)^y = (x-y)^x, (x > y)$;
 IV. $(y-x)^{x+y} = x^y, (y > x)$; IX. $(x-y)^{x+y} = x^{x-y}$;
 V. $(y-x)^{x+y} = y^x, (y > x)$; X. $(x+y)^{x-y} = (x-y)^x, (y > x)$.

Theorem *. If $a, b \in N (a, b) = 1$, then each of the divisors $(a^2 + ab + b^2)$ will be similar.

The concept of pseudofibonacci numbers is introduced and some of their properties are found.

Key word: Pseudofibonacci numbers.

UDC 511.5

SCOPUS CODE 2607

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-150-188>

Некоторые интересные задачи из классической теории чисел

Зურაბ აბდგომელაშვილი Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0160,
 Тбилиси, ул. М. Костава, 77
 E-mail: diophant_zura@rambler.ru

Рецензенты:

Ал. Киртадзе, профессор факультета информатики и систем управления ГТУ

E-mail: kirtadze2@yahoo.com

К. Шавгулидзе, ассоциированный профессор факультета точных и естественных наук Тбилисского государственного университета им. Иванэ Джавахившили

E-mail: ketevan.shavgulidze@tsu.ge

Аннотация. В статье рассмотрены следующие вопросы:

– Большой интерес представляет для p и q простых чисел определение количества тех простых делителей

числа $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$, которые меньше p . С этой целью рассмотрим теоремы:

Теорема 1. Пусть p и q – нечётные простые числа и $p = 2q + 1$. Тогда из различных отдельно взятых простых делителей числа $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ только один из них меньше p . A имеет как минимум два разных простых делителя;

Теорема 2. Пусть p и q – нечётные простые числа и $p < 2q + 1$. Тогда все простые делители числа $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$ больше p ;

Теорема 3. Пусть q – нечётное простое число, и $p \in N \setminus \{1\}$, $p \in]l; q] \cup [q + 2; 2q]$, тогда каждый из различных простых делителей числа $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$, взятых по отдельности, больше p ;

Теорема 4. Пусть q – нечётное простое число и $p \in \{q + 1; 2q + 1\}$, тогда только один из различных простых делителей числа $A = \frac{p^q - 1}{p - 1}$, взятых по отдельности, меньше p . A имеет как минимум хотя бы два разных простых делителя.

Задача 1. Решить уравнение $2^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ в натуральных числах x, y, z , вместе с тем, y должно быть простым числом.

Задача 2. Решить уравнение $3^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$ в натуральных числах x, y, z , вместе с тем, y должно быть простым числом.

Задача 3. Решите уравнение $p^x = \frac{y^z - 1}{y - 1}$, где $p \in \{6; 7; 11; 13; \dots\}$ простое число $x, y \in N$, y – простое число.

Приведена лема, с помощью которой легко решится класс задачи:

Лема •. Пусть $a, b, n \in N$ и $(a, b) = 1$. Докажем, что если $a^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$, или $b^n \equiv 0 \pmod{|a - b|}$, тогда $|a - b| = 1$.

Решим уравнения (I – X) в натуральных x, y числах:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| I. $\left(\frac{x+y}{2}\right)^z = x^z - y^z$; | VI. $(x+y)^{x-y} = x^y$; |
| II. $(x+y)^z = (2x)^z + y^z$; | VII. $(x+y)^{x-y} = y^x$; |
| III. $(x+y)^z = (3x)^z + y^z$; | VIII. $(x+y)^y = (x-y)^x, (x > y)$; |
| IV. $(y-x)^{x+y} = x^y, (y > x)$; | IX. $(x-y)^{x+y} = x^{x-y}$; |
| V. $(y-x)^{x+y} = y^x, (y > x)$; | X. $(x+y)^{x-y} = (x-y)^x, (y > x)$. |

Теорема *. Если $a, b \in N$ $(a, b) = 1$, тогда каждый из делителей $(a^2 + ab + b^2)$ имеет подобный вид.

В работе также рассмотрено наше исследование о числах Фибоначчи. Введено понятие чисел псевдо Фибоначчи и найдены некоторые их свойства.

Ключевые слово: числа псевдо Фибоначчи.

განხილვის თარიღი 21.07.2020

შემოსვლის თარიღი 23.07.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

UDC 615.1

SCOPUS CODE 2723

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-189-194>

ალერგია და მისი მკურნალობა ანტიჰისტამინური პრეპარატებით

ირმა ცომაია ფარმაციის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69

E-mail: i.tsomaia@gtu.ge

ნინო ტაბატაძე საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათემატიკის, ტექნოლოგიებისა და ფარმაციის ფაკულტეტი, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0186, ანა პოლიტკოვსკაიას 61

E-mail: nino_tabatadze@yahoo.com

რეცენზენტები:

ა. ჩიქოვანი, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათემატიკის, ტექნოლოგიებისა და ფარმაციის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: antonchikovani@gmail.com

მ. ზარქუა, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების, მათემატიკის, ტექნოლოგიებისა და ფარმაციის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: m_zarquaa@mail.ru

ანოტაცია. ალერგია მე-20 საუკუნის დაავადებაა, მსოფლიო მოსახლეობის 30–40% ალერგიულია სხვადასხვა გამღიზიანებლის მიმართ. ადამიანის ორგანიზმში შეჭრილი "საშიში" აგენტები: ბაქტერიები, ვირუსები, ჰაერის მტვერი, ცხოველის ბეწვი, უცხო ცილოვანი ნივთიერებები და ა.შ. იწვევს სხვადასხვა ალერგიულ დაავადებას და ხშირად შეიძლება გახდეს სერიოზული გართულების (მათ შორის ლეტალური გამოსავალი) მიზეზიც.

განხილულია ალერგიის გამომწვევი მიზეზები და დამახასიათებელი სიმპტომები, დიაგნოსტიკის თანამედროვე მეთოდები და მკურნალობა

ეფექტური და უსაფრთხო ანტიჰისტამინური პრეპარატებით - **პოლემინი, ლოტეგრა, ლორანექსი, ერიუსი, ესლოტინი, ტელფასტი, ალერფასტი, ნიქსარი, ლორატადინი, კლარიტინი, ცეტეკი, ალერტეკი, ზეტრინი, პარლავინი, კესტინი, ზირტეკი, ტერიქსი** და სხვა.

ასევე დახასიათებულია **იმუნოთერაპია ანუ სპეციფიკური ჰიპოსენსიბილიზაცია, როგორც** მკურნალობის თანამედროვე და ეფექტურ მეთოდი, რომლის პრინციპი მდგომარეობს გამომწვევი ალერგენის მიმართ სპეციფიკური ტოლერანტობის (განურჩევლობის) გამომუშავებაში.

საკვანძო სიტყვები: ანტიგენი; ანტისხეული; ანტიჰისტამინი; იმუნური სტატუსი; სპეციფიკური დესენსიბილიზაცია.

შესავალი

ალერგიული დაავადებები მთელ მსოფლიოში გავრცელებული. ვარაუდობენ, რომ ალერგია თანამედროვე ცივილიზებული მსოფლიოს მოსახლეობის დაახლოებით 30%-ს აწუხებს.

ალერგია ადამიანის მომატებული მგრძობელობაა ორგანიზმში შეჭრილი "საშიში" აგენტების მიმართ: ბაქტერიები, ვირუსები, ყვავილის მტვერი, ცხოველის ბეწვი, უცხო ცილოვანი ნივთიერებები და სხვა. ალერგიული რეაქციები მრავალფეროვანია, დამოკიდებულია ორგანიზმის ინდივიდუალურ თვისებებზე, შეჭრილი ნივთიერების – ალერგენის ბუნებაზე, გარემოზე, ფონური ქრონიკული დაავადებების არსებობაზე, რომლებიც ორგანიზმის საწყის იმუნურ სტატუსს ცვლის. ადამიანს უცხო ნივთიერების მავნე ზემოქმედებისგან **იმუნური სისტემა** იცავს. **იმუნური სისტემა** ყველა უჯრედის ერთობლიობაა, რომლის ძირითადი ფუნქცია ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მუდმივობის დაცვაა გენეტიკურად უცხო ნიშნის მატარებელი აგენტებისაგან. ალერგიული რეაქცია ძალიან საშიშია ადამიანის ორგანიზმისთვის, რომელიც განვითარების სისწრაფის მიხედვით არსებობს: 1. **ანაფილაქსია** ანუ დაუყოვნებელი ტიპის ალერგიული რეაქცია, ვითარდება ანტიგენის შეჭრიდან რამდენიმე წუთის განმავლობაში და 2. **დაყოვნებული ტიპის რეაქცია, ვითარდება** ალერგენტთან კონტაქტიდან რამდენიმე დღის შემდეგაც.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ალერგიული დაავადებების ძირითადი სიმპტომების და გამომწვევი მიზეზების განხილვა, თანამედროვე მეთოდებით

დროული დიაგნოსტიკა, თანამედროვე და ეფექტური ანტიჰისტამინური პრეპარატებით მკურნალობა უაღრესად აქტუალური საკითხია ალერგიული რეაქციების გართულებების თავიდან ასაცილებლად.

ძირითადი ნაწილი

იმუნიტეტი გენეტიკურად უცხო ნივთიერებებისგან (ეგზოგენური-გარეგანი, ენდოგენური-შინაგანი) ორგანიზმის დაცვის უნარს ეწოდება. **ფართოდ გავრცელებულ ალერგიულ დაავადებებს მიეკუთვნება:** პოლინოზი, კვინკეს შეშუპება, ჭინჭრის ციება, ალერგიული კონიუქტივიტი, ალერგიული რინიტი და სხვა.

პოლინოზი - ალერგიული დაავადება, რომელსაც იწვევს მცენარის მტვერი და მას „თივის ცხელების“ სახელითაც მოიხსენიებენ. ჰაერში მტვრის ყველაზე დიდი რაოდენობა აღინიშნება მშრალ, მზიან ამინდში, ყვავილის მტვერი ქარით ან მწერების საშუალებით ვრცელდება. პოლინოზით დაავადებულია საქართველოს მოსახლეობის 1–2%, ყველაზე ხშირად გამოხატულია რინო-კონიუნქტივიტის სინდრომი: ქუთუთოების ქავილი, შეშუპება, კონიუნქტივის შეწითლება, ცრემლდენა, თვალის წვა და სინათლის შიში, ცხვირის წვა, ხშირი ცემინება, სუნთქვის გაძნელება, ცხვირიდან გამონადენი, ხახის, ყურის ქავილი.

ალერგიული რინიტი შეიძლება იყოს მწვავე და ქრონიკულად გამოხატული სიმპტომებით: ცხვირის ქავილი, ინტენსიური ცემინება ცხვირიდან თხელი, გამჭვირვალე დიდი რაოდენობით გამონადენით და ცხვირის პერიოდული გაჭედვა.

ალერგიული კონიუნქტივიტი არის თვალის შემართებელი გარსის - კონიუნქტივის ანთება. განასხვავებენ მწვავე და ქრონიკულ ფორმას. ალერგიული კონიუნქტივის დროს გამოხატულია თვა-

ლის სკლერების სიწითლე და ქავილი. პაციენტს აწუხებს „თვალეში სილის ჩაყრის“ შეგრძნება. დილით პაციენტი ხშირად იღვიძებს ე.წ. „ამოკერილი თვალებით“.

ჰინჭრის ციება ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ალერგიული დაავადებაა, რომლის დროსაც კანი დაფარულია ჰინჭრის ნასუსხის მსგავსი, სხვადასხვა ზომისა და ფორმის მოწითალო ან თეთრი ფერის წარმონაქმნებით, რომელიც დროის მცირე მონაკვეთში იცვლის ზომას, ფორმას და ადგილს.

მწვავე ურტიკარია ხასიათდება უეცარი დაწყებით, ძლიერი ქავილით, წვით და გამონაყარით კანის საფარის ნებისმიერ ადგილას. ტუჩის, ენის, სასის, საყლაპავის ლორწოვან გარსზე ბუშტუკები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ზომისა და ფორმის, შესაძლოა მათი შერწყმაც, რაც საერთო მდგომარეობის გაუარესებას იწვევს. მწვავე ურტიკარია უმეტესად განპირობებულია მედიკამენტოზური ან კვებითი ალერგიით, მედიკამენტების, შრატის, ვაქცინის პარენტერალური შეყვანით, სისხლის გადასხვით. **ქრონიკული მორეციდივე ურტიკარია** უმეტესად ვითარდება ქრონიკული ინფექციებით განპირობებული ხანგრძლივი სენსიბილიზაციის ფონზე (ტონზილიტი, ქოლესისტიტი, ადნექსიტი და სხვა), საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის, ღვიძლის ცხოველყოფილობის დარღვევისას და სხვა.

კვინკეს შეშუპება ალერგიული რეაქციაა, რომელსაც გარკვეული სახის ალერგენები იწვევს ანუ ორგანიზმის ანაფილაქსიური რეაქცია, რომელიც ვითარდება ცხოველის ან მწერის შხამის, საკვების ორგანიზმში მოხვედრისას. კვინკეს შეშუპება სხვა ალერგიული რეაქციებისაგან მკვეთრად განსხვავდება. უპირველესად იმით, რომ დიდი ზომისაა და ყველაზე ხშირად ფაშარი უჯრედოვანი აგებულების ქსოვილებს აშუპებს. განსაკუთრებით საშიშია

სახის, კისრის, პირის ღრუსა და ხორხის შეშუპება, რადგან ამ პროცესს სუნთქვის გაძნელება და მოხრჩობა მოჰყვება.

ალერგიის დიაგნოსტიკისთვის მიმართავენ კანის სინჯებს. კანის სინჯების დროს ხდება გაწმენდილი ალერგენების ცნობილი რაოდენობის შეყვანა კანში – წინამხრის ზედაპირზე ან ზურგზე, რათა დადგინდეს მათ მიმართ ორგანიზმის მგრძობიანობა.

არსებობს კანის სინჯების ჩატარების სამი მეთოდი: **სკარიფიკაციული სინჯი** – კანზე ალერგენის მცირე რაოდენობის დაწვეთება და კანის ზედაპირული გაკაწვრა წვეთის შიგნით. **კანშიგა სინჯი** – ალერგენის ინექციის გზით შეყვანა უშუალოდ კანში. **ჩხვლეტილი სინჯი** – კანზე ალერგენის დაწვეთება და წვეთის შიგნით მცირე ნაჩხვლეტის გაკეთება.

არსებობს ალერგიულ დაავადებათა მკურნალობის სამი ძირითადი მიმართულება: **მიზეზობრივი ფაქტორების წინააღმდეგ მიმართული მკურნალობა, მედიკამენტოზური მკურნალობა და ორგანიზმის იმუნოლოგიური რეაქტიულობის შემცირება ვაქცინაციით – სპეციფიკური ჰიპოსენსიბილიზაცია.**

არსებობს **H1 ჰისტამინორეცეპტორების ბლოკატორების** (ანტიჰისტამინური საშუალებების) I, II და III თაობა, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდება ეფექტურობით და მოქმედების ხანგრძლივობით.

I თაობის ანტიჰისტამინები – სუპრასტინი, ტაფეგილი, პიპოლფენი, დიმედროლი, ფენკაროლი, დიაზოლინი და სხვა) მოქმედებს სწრაფად, მაგრამ აქვს ხანმოკლე თერაპიული ეფექტი, ინიშნება 24 სთ-ში 3–4-ჯერ, ავლენს ანტიალერგიულ, ქავილის საწინააღმდეგო და სედატიურ ეფექტს.

II თაობის ანტიჰისტამინები – ლორატადინი, კლარიტინი, ცეტეკი, ალერტეკი, ზეტრინი, პარლათინი, კესტინი, ზირტეკი, ტერიფსი და სხვა არ ხასი-

ათდება საძილე ეფექტით და ამჟღავნებს პროლონ- გირებულ მოქმედებას, ინიშნება 24 სთ-ში 1-ჯერ.

III თაობის ანტიჰისტამინები – პოლფინი, ცეზე- რა, ქსიზალი, ლოტეგრა, ლორანექსი, ერიუსი, ესლო- ტინი, ტელფასტი, ალერფასტი, ნიქსარი და სხვა წინა თაობის ანტიჰისტამინების მეტაბოლიტებია, არ იწ- ვევეს სედაციას, არ ახასიათებს ეფექტურობის დაქვეი- თება ხანგრძლივად გამოყენების შემთხვევაში. ინიშ- ნება 24 სთ-ში 1-ჯერ. პრეპარატები აქრობს ან საგრ- ძნობლად ამსუბუქებს სიმპტომებს: ცემინება, ქავი- ლის შეგრძნება ცხვირში, ცხვირიდან გამონადენი, ცრემლდენა, შეშუპება, გამონაყარი, სიწითლე და სხვა.

გარდა H1 ჰისტამინორეცეპტორების ბლოკატ- ორებისა, ალერგიული დაავადებების სამკურნალოდ გამოიყენება **პოხიერი უჯრედების მემბრანის სტაბი- ლიზატორები – კეტოტიფენი, ასტაფენი, კეტასმა, ზადიტენი, ნალკრომი, ოფთაკრომი და სხვა.** ალერ- გიის სამკურნალოდ ეფექტურია გლუკოკორტიკოს- ტეროიდების გამოყენებაც.

მკურნალობის თანამედროვე და ეფექტური მე- თოდია **სპეციფიკური დესენსიბილიზაცია**, რომლის პრინციპი მდგომარეობს გამომწვევი ალერგენის მი- მართ სპეციფიკური ტოლერანტობის (განურჩევლო- ბის) გამომუშავებაში. ტოლერანტობა ყვავილის მტვრის მიმართ მიიღწევა ორგანიზმში ალერგენის

მზარდი დოზების შეყვანით. ეს მეთოდი ძალიან ეფე- კტურია (80–90%) პოლინოზების სამკურნალოდ. ჰი- პოსენსიბილიზაციის დროს ქვეითდება ორგანიზმის ზემგრძნობელობა ანუ ორგანიზმი ალერგენისადმი ნაკლებად მგრძნობიარე ხდება. **იმუნოთერაპია ანუ სპეციფიკური ჰიპოსენსიბილიზაცია** შესაძლებელია ჩატარდეს 6 წლის ასაკიდან. ხანგრძლივი იმუნოთე- რაპიის შედეგად ორგანიზმში გამომუშავდება მბ- ლოკირებელი ანტისხეულები, რომლებიც ალერგე- ნების მოქმედებას გაანეიტრალებს. მკურნალობის ეფექტურობა დამოკიდებულია ალერგენის სწორ შერ- ჩევაზე, დოზირებასა და თავად პაციენტზე.

დასკვნა

ამრიგად, ალერგიული დაავადებების ეფექტუ- რი მკურნალობისათვის ფართოდ გამოიყენება უსაფრთხო და ეფექტური ანტიჰისტამინური პრე- პარატები - **პოლფინი, ცეზერა, ქსიზალი, ლოტეგ- რა, ლორანექსი, ერიუსი, ესლოტინი, ტელფასტი, ალერფასტი, ნიქსარილორატადინი, კლარიტინი, ცეტევი, ალერტევი, ზეტრინი, პარლაზინი, კესტი- ნი, ზირტევი, ტერიქსი და სხვა.** მსოფლიოში ალერ- გიის ფართოდ გავრცელების გამო, ალერგიული დაავადებების დიაგნოსტიკებისა და მკურნალო- ბის თანამედროვე მეთოდების ძიება გრძელდება.

ლიტერატურა

1. Kharkevich D.A. Pharmacology. Tb.: “Mtatsmindeli”. 2008. (In Georgian).
2. Katzung B. Basic and clinical pharmacology. Tbilisi State Medical University. 2010. (In Georgian).
3. Mukhiguli M. Great medical encyclopedia. Tb.: “Palitra L”. 2012. (In Georgian).
4. Kezel T. Clinical pharmacy with pharmacotherapy. Tbilisi. 2001. (In Georgian).
5. The great reference book of medicine. Vol.1. Tb.: “Palitra L”. 2016.
6. Turmanauli G. Medical basic pharmacology. Tbilisi State Medical University. 2019. (In Georgian).
7. Chikovani T. Immunology, with syllabus. Tbilisi State Medical University. 2017. (In Georgian).
8. Eristavi L. Pharmacognosy (medicinal plants). Tb.: “Herald of Georgia”. 2005. (In Georgian).
9. James W. D., Berger T. G., Elston D. M. Diseases of the skin and clinical dermatology. Tenth edition. 2006.

UDC 615.1

SCOPUS CODE 2723

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-189-194>

Allergy and its treatment with antihistamines

Irma Tsomaia Department of Pharmacy, Georgian Technical University, 69 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: i.tsomaia@gtu.ge

Nino Tabatadze Faculty of Natural Sciences, Mathematics, Technologicals and Pharmacy, Sokhumi State University, 61 Politkovskaya str., 0186 Tbilisi, Georgia

E-mail: nino_tabatadze@yahoo.com

Reviewers:

A. Chikovani, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Mathematics, Technologicals and Pharmacy, SOU
E-mail: antonchikovani@gmail.com

M. Zarkua, Associate Professor, Faculty of Natural Sciences, Mathematics, Technologicals and Pharmacy, SOU
E-mail: m_zarquaa@mail.ru

Abstract. Allergy is a disease of the 20th century. 30% - 40% of the world's population is allergic to various irritants. "Dangerous" agents invading the human body: bacteria, viruses, airborne dust, animal fur, foreign proteins, etc. cause various allergic diseases and can often lead to serious complications (including lethal outcome).

This article discusses the causes and characteristic symptoms of allergies, modern methods of diagnosis and treatment with effective and safe antihistamines - Polesin, Lotegra, Loranex, Erius, Eslotin, Telfast, Allerfast, Nixar, Loratadine, Claritine, Cetek, Alertek, Zetrin, Parlazin, Kestin, Zirtek, Terrix, etc.

Immunotherapy - or specific hyposensitization - is also characterized as a modern and effective method of treatment, the principle of which lies in the production of specific tolerance (indiscretion) towards the causative allergen.

Key words: Antibody; antihistamine; antigen; immune status; specific desensitization.

UDC 615.1

SCOPUS CODE 2723

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4-189-194>

Аллергия и ее лечение антигистаминными препаратами

Ирма Цомаია департамент фармации, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 69
E-mail: i.tsomaia@gtu.ge

Нино Табатадзе факультет естественных наук, математики, технологии и фармации, Сухумский государственный университет, Грузия, Тбилиси, 0186, ул. Анна Политковская 61
E-mail: nino_tabatadze@yahoo.com

Рецензенты:

А. Чиковани, ассоциированный профессор факультета естественных наук, математики, технологии и фармации Сухумского государственного университета
E-mail: antonchikovani@gmail.com

М. Заркуа, ассоциированный профессор факультета естественных наук, математики, технологии и фармации Сухумского государственного университета
E-mail: m_zarquaa@mail.ru

Аннотация. Аллергия - это болезнь 20-го века, у 30% -40% населения мира аллергия на различные раздражители. «Опасные» агенты - бактерии, вирусы, воздушная пыль, шерсть животных, чужеродные белки и т. д., проникающие в организм человека, вызывают различные аллергические заболевания и часто могут привести к серьезным осложнениям (включая летальный исход).

В статье рассматриваются причины и характерные симптомы аллергии, современные методы диагностики и лечения эффективными и безопасными антигистаминными препаратами – «Полезин», «Лотегра», «Лоранекс», «Эриус», «Эслотин», «Телфаст», «Аллерфаст», «Никсар», «Лоратадин», «Кларитин», «Цетек», «Алертек», «Зетрин», «Парлазин», «Кестин», «Зиртек», «Терих» и другие.

Иммунотерапия - или специфическая гипосенсибилизация - также характеризуется как современный и эффективный метод лечения, принцип которого заключается в выработке специфической толерантности (неосторожности) к возбудителю аллергии.

Ключевые слова: антигистамин; антиген; антитело; иммунный статус; специфическая десенсибилизация.

განხილვის თარიღი 31.07.2020

შემოსვლის თარიღი 05.08.2020

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020

ავტორთა საძიებელი

Author's index

Указатель авторов

აკობია დ. 68	ოთინაშვილი რ. 25
არშა თ. 113	სურამელაშვილი ზ. 75
აღდგომელაშვილი ზ. 150	ტაბატაძე ნ. 189
ბუიშვილი ი. 122	ულრელიძე ნ. 68
დარჩიაშვილი ნ. 58	ქუთათელაძე ე. 58
თავდუმაძე ი. 75	შარიქაძე მ. 75
თავხელიძე მ. 139	ჩოხელი ხ. 113
კობიაშვილი ა. 58	ცომაია ი. 189
კუპრავეიშვილი მ. 11, 19	ჭოხონელიძე მ. 68
მაისურაძე დ. 131	ხელიძე გ. 113
მახარაძე გ. 105	ჯაფარიძე დ. 105
მიქელაშვილი მ. 34	

რეცენზენტთა საძიებელი

Reviewer's index

Указатель рецензентов

ახალაძე ფ. 105	მიქიაშვილი ზ. 139
ბერიაშვილი დ. 68	ნატროშვილი გ. 19
ბოგდანოვი ფ. 68	ოდელავაძე თ. 11
გვარუციძე ა. 25	რუხვაძე მ. 105
დიაკონიძე რ. 11, 13	ტიტვინიძე ზ. 139
ვანიშვილი მ. 25	ტრაპაძე ვ. 113
ზარქუა მ. 189	შაგვულიძე ქ. 150
კამკამიძე კ. 58	შუბლაძე თ. 122
კიკნაძე მ. 58	შუბლაძე თ. 131
კირთაძე ალ. 150	ჩახაია გ. 19
ლომინაძე თ. 75	ჩიკვილაძე ნ. 34
მამალაძე ირ. 34	ჩიქოვანი ა. 189
მემმარიაშვილი ე. 122, 131	ხითარიშვილი ვ. 75

ავტორთა საყურადღებოდ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის ყოველკვარტალური რეგულირებადი მულტიდისციპლინური პერიოდული გამოცემა, რომელიც რეგისტრირებულია საერთაშორისო ელექტრონულ მონაცემთა ბაზაში – Index Copernicus International.

- სტატია (მიიღება ქართულ, ინგლისურ, რუსულ ენებზე) ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე.
- სტატიის ავტორთა რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს სამს.
- ავტორს შეუძლია საგამომცემლო სახელში პუბლიკაციისათვის მოგვარდოს ან ელექტრონული ფოსტით sagamomcemlosakhli@yahoo.com მისამართზე გამოგვიგზავნოს ერთი ან რამდენიმე სტატია, აგრეთვე თანდართული დოკუმენტაციის დასკანერებული ფაილები, მაგრამ კრებულის ერთ ნომერში გამოქვეყნდება მხოლოდ ორი ნამუშევარი.

ელ. ფოსტით სტატიის გამოგზავნის შემთხვევაში გთხოვთ გაითვალისწინოთ შემდეგი მოთხოვნები:

- Subject ველში (თემა) მიუთითეთ კრებულის დასახელება და ავტორის (ავტორების) გვარი.
- გამოიყენეთ ფაილის მიმაგრება (Attach).
- დიდი მოცულობის ფაილის შემთხვევაში გამოიყენეთ არქივატორი (ZIP, RAR).

• სტატია შედგენილი უნდა იყოს მართლმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით. ავტორი (ავტორები) და რეცენზენტები პასუხს აგებენ სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

• ვინაიდან საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომების კრებული არის არაკომერციული გამოცემა, ჩვენი მეცნიერი თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

• საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს № 200 დადგენილებით (22.01.2010წ.), ფიზიკურმა პირმა, რომელიც არ არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელი, შრომების კრებულში სტატიის გამოქვეყნებისთვის წინასწარ უნდა შეიტანოს ან გადმორიცხოს საჭირო თანხა (1 გვერდი – 10 ლარი) და სტატიის დოკუმენტაციას (ორი რეცენზია და ორგანიზაციის სამეცნიერო საბჭოს მიმართვა სტატიის სტუ-ის შრომების კრებულში გამოქვეყნების შესახებ) დაურთოს გადახდის ქვითარი. გრაფაში „გადახდის დანიშნულება“ უნდა ჩაიწეროს „სტატიის გამოქვეყნების ღირებულება“.

სტუ-ის საბანკო რეკვიზიტებია: სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საიდენტიფიკაციო კოდი 211349192; მიმღების ბანკი: სახელმწიფო ხაზინა; მიმღების დასახელება: ხაზინის ერთიანი ანგარიში; ბანკის კოდი: TRESGE22; მიმღების ანგარიში: სახაზინო კოდი 708977259.

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს ნაბეჭდი სახით A4 ფორმატის ფურცელზე, არანაკლებ 5 გვერდისა (არეები – 2 სმ, ინტერვალი – 1,5).

- სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc ან docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი – ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;
-
- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ შრიფტი Sylfaen, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტებისთვის – შრიფტი Times New Roman, ზომა 12;

სტატიას უნდა ერთვოდეს შემდეგი ინფორმაცია:

- უაკ (უნივერსალური ათობითი კლასიფიკაცია) კოდი.
- ცნობები ავტორის (ავტორების) და რეცენზენტების შესახებ ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე:
 - ყველა ავტორის სახელი და გვარი სრულად, E-mail-ი, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონი;
 - დეპარტამენტის დასახელება. ორგანიზაციის სრული სახელწოდება – ყოველი ავტორის მუშაობის ადგილი, ქვეყანა, ქალაქი.
 - რეცენზენტთა გვარები და სახელები სრულად, ელექტრონული ფოსტის მისამართი, სამეცნიერო წოდება, დეპარტამენტის ან სამუშაო ადგილის დასახელება.

სტატია უნდა შეიცავდეს:

- ანოტაციას ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე (100–150 სიტყვა). *უცხოელი მკითხველისათვის ანოტაცია არის სტატიის შინაარსისა და მასში გადმოცემული კვლევის შედეგების შესახებ ინფორმაციის ერთადერთი წყარო. სწორედ იგი განსაზღვრავს ინტერესს მეცნიერის ნაშრომის მიმართ და, მაშასადამე, სურვილს, დაიწყოს დისკუსია ავტორთან, გამოითხოვოს სტატიის სრული ტექსტი და ა.შ.*

ანოტაცია უნდა იყოს:

- ინფორმაციული (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს);
- ტექსტი ინგლისურ და რუსულ ენებზე უნდა იყოს ორიგინალური;
- უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს;
- სტრუქტურირებული (მიჰყვებოდეს სტატიაში შედეგების აღწერის ლოგიკას).

უნდა შეიცავდეს:

- სტატიის საგანს, თემას, მიზანს (რომლებსაც უთითებთ იმ შემთხვევაში, თუ ეს არ არის ცხადი სტატიის სათაურიდან);
- კვლევის ჩატარების მეთოდს ან მეთოდოლოგიას (სამუშაოს ჩატარების მეთოდის ან მეთოდოლოგიის აღწერა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, თუ იგი გამოირჩევა სიახლით, საინტერესოა მოცემული ნაშრომის თვალსაზრისით);
- კვლევის შედეგებს;
- შედეგების გამოყენების არეალს;
- დასკვნას;

- საკვანძო სიტყვებს, დალაგებულს ანბანის მიხედვით (ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე);
- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილ შესავალს, ძირითად ნაწილს და დასკვნას;
- სურათების ან ფოტოების კომპიუტერულ ვარიანტს, შესრულებულს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით, გარჩევადობა – არანაკლებ 150 dpi-სა.
- ლიტერატურა
 - საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით, გამოყენებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს არანაკლებ ათისა.

წარმოდგენთ გამოსაქვეყნებელ სტატიაში გამოყენებული ლიტერატურის გაფორმების წესს:

ყველა ავტორის გვარი და ინიციალები მოცემული უნდა იყოს ლათინური ანბანის ასოებით, ე.ი. ტრანსლიტერაციით, სტატიის სახელწოდება – თარგმნილი ინგლისურად, წყაროს (ჟურნალის, შრომების კრებულის, კონფერენციის მასალების) სახელწოდება – ტრანსლიტერაციით; გამოსასვლელი მონაცემები – ინგლისურ ენაზე (სტატიის ენა მიეთითება ფრჩხილებში).

ლიტერატურა (ნიმუში)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagua, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze “The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომლებისა და დოქტორანტებისთვის:

- ორი რეცენზია (იხ. ნიმუში)

http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx

- ფაკულტეტის საგამომცემლო საქმის დარგობრივი კომისიის ოქმის ამონაწერი

(იხ. ნიმუში) http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx

დოკუმენტები დამოწმებული უნდა იყოს ფაკულტეტის ბეჭდით.

ავტორს შეუძლია ნიმუშად გამოიყენოს კრებულის ერთ-ერთი ბოლო ნომერი.

აქტის ნიმუში

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის _____ ფაკულტეტის

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის _____ დარგობრივი კომისიის

აქტი № _____

„_____”

სხდომას ესწრებოდნენ:

დარგობრივი კომისიის წევრები:

(მიუთითეთ კომისიის შემადგენლობა) _____

განსახილველი სტატიის ავტორი/ავტორები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

3. _____

რეცენზენტები: (მიუთითეთ სახელი და გვარი სრულად, სამუშაო ადგილი და სამეცნიერო წოდება, აკადემიური ხარისხი სრულად, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონი)

1. _____

2. _____

დარგის მოწვეული სპეციალისტები:

1. ნაშრომის განხილვა

2. (მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივი კომისიის მიერ გამოყოფილია რეცენზენტები:

1. _____

2.

2. ნაშრომის საჯარო განხილვა

1. მოისმინეს: ავტორის/ავტორების *(მიუთითეთ)* ინფორმაცია განსახილველად წარმოდგენილი სტატიის შესახებ.

ნაშრომის ანოტაცია

3. მოისმინეს: რეცენზენტის/რეცენზენტების *(მიუთითეთ)* არგუმენტირებული შეფასება სტატიის აქტუალურობის, სიახლის და გამოცემის მიზანშეწონილობის შესახებ.

4. მოისმინეს: ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის დასკვნა-რეკომენდაცია *(მიუთითეთ მომხსენებლის ვინაობა)* სტატიის გამოცემის შესახებ.

აზრი გამოთქვას:

დაადგინეს:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ფაკულტეტის

(მიუთითეთ ფაკულტეტის დასახელება)

სასწავლო-სამეცნიერო ლიტერატურის დარგობრივ კომისიაში განსახილველად შემოვიდა ავტორის/ავტორების მიერ მომზადებული სამეცნიერო სტატია

(მიუთითეთ სტატიის სრული დასახელება)

რეკომენდაციას უწევს სტატიის გამოქვეყნებას სტუ-ის შრომათა კრებულში.

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარე

კომისიის მდივანი

კომისიის წევრები:

ფაკულტეტის დარგობრივი კომისიის თავმჯდომარის
ხელმოწერის სინამდვილეს ვადასტურებ
ფაკულტეტის დეკანი *(ხელმოწერა)*

რეცენზიის ნიმუში

1. ნაშრომის დასახელება სრულად

2. ავტორის/ავტორების სამეცნიერო წოდება, სამუშაო ადგილი, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა

3. ნაშრომში დასმული ამოცანის მოკლე მიმოხილვა

4. გამოსაქვეყნებლად მომზადებული ნაშრომის აქტუალურობა

5. ძირითადი ასპექტები, რომლებიც განხილულია ავტორის მიერ

6. რეკომენდაცია ნაშრომის გამოქვეყნებისათვის (იმ შემთხვევაში თუ სარეცენზიო ნაშრომი სამეცნიერო სტატიაა, აუცილებელია სამეცნიერო ჟურნალის დასახელების მითითება)

7. რეცენზენტის გვარი და სახელი სრულად, სამუშაო ადგილი, სამეცნიერო წოდება, საკონტაქტო ინფორმაცია, ელ. ფოსტა (სტატიის რეცენზირების შემთხვევაში რეცენზენტის მონაცემები გამოქვეყნებული იქნება სტატიასთან ერთად)

Guidelines for Authors

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

- An article (accepted in Georgian, English or Russian) is published in the original language;
- The number of authors of an article should not exceed three;
- Authors should submit original copies of one or more articles for publication to the publishing house or send scan versions to sagamomcemlosakhli@yahoo.com along with supporting documentation, but only two articles from the same author(s) will be published in one edition;

To submit scan versions via email please follow the instructions:

- *In the Subject line indicate the collection of works and the name(s) of author(s).*
- *Attach the file(s) properly;*
- *Use ZIP or RAR file compressors in case of large files to attach.*

- The article should be literal, well-structured and apply proper terminology to convey the author's constructive arguments relevant to the subject. The authors and reviewers are responsible for the content and quality of an article;
- The collection of works of GTU is a non-commercial publication and running the articles of our researchers and for PhD students is free of charge;
- According to the Resolution No.200 of GTU Academic Council (22.01.2010), authors who are not the employees at the University, should make the preliminary payment by cash or transfer to have their paper published (10 GEL per page). Copy of the payment receipt should be enclosed with the supporting documentation (two reviews and a reference by the organization's academic board on publishing the article in GTU collection of scientific papers). "Cost of article publication" shall appear as subject in the "purpose of payment" field.

GTU bank details: LEPL Georgian Technical University; organization's identification number 211349192; beneficiary bank: State Treasury; beneficiary: joint treasury account; bank code: TRESGE22; Account number: treasury code 708977259.

How to form an academic article:

- The text should be presented in print-out form (A4), no less than 5 pages (margins - 2 cm, line spacing - 1,5);
- Only MS Word versions of texts are accepted (doc or docx) presented electronically on any magnetic carrier;
- For Georgian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt;
- For English and Russian texts: font - Sylfaen, font size - 12 pt.

The accompanying information to the article should include:

- Universal Decimal Classification (UDC)
- Information about the author(s) and reviewers in Georgian, English and Russian:
 - Full name, academic title, email and phone number of each author;
 - Department, full name of organization – place of employment of each author, area/town, country;
 - Full name, email, academic title, department or place of employment of each reviewer.

The article should include:

- An abstract in Georgian, English and Russian (100-150 words long). *For foreign readers an abstract is the only source of information about the content of an article and results of the research conveyed by it. An abstract therefore defines the reader's interest towards the article and possibility of further outreach to the author for the full text, etc.*

An abstract should be:

- *Informative (free of generalized terms and statements);*
- *Original (with quality translations in English and Russian with the proper application of terminology);*
- *Specific (conveying the core content of an article);*
- *Properly structured (consistent with the research results given in the article).*

An abstract should contain:

- *The subject, topic and objective of an article (indicated in case if these are not clear from the title);*
- *Method or methodology of research performed (expected to be described when and if this method or methodology are new and interesting with reference to the article);*
- *Research results;*
- *Area of application of research results;*
- *Conclusion.*

- Key words sorted by alphabet (Georgian, English and Russian);
- Sections should be outlined Introduction, Main Part and Conclusion;
- Digital version of drawings or images in any graphic format, resolution 150 dpi;
- Reference
 - By the recommendations of Databases of International Scientific Journals the number of references should be no less than ten.

How to form the reference section in the article:

Name and surname of each author should be given in Latin letter initials, title of the articles – translated in English, name of the source (journal, collection of works, conference materials) – with transliteration (original language of the article should be indicated in brackets).

References (sample)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian).
5. Svanidze G.G., Gagua V.P., Sukhishvili E.V. “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqnikuri Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Requirements for the submission of articles by the employees and for PhD students of Georgian Technical University:

- Two reviews (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- Minutes of the sectoral committee of the faculty publishing (see the sample at)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
Documents should be verified with the faculty stamp.

Notice to Authors

Authors may consider one of the previous editions of GTU Collection of Academic Works as an example

К сведению авторов

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

- Статьи (принимаются на грузинском, английском, русском языках) публикуются на языке оригинала.
- Количество авторов статьи не должно превышать 3.
- Автор может предоставлять для публикации в Издательском доме или по электронной почте (на следующий адрес: sagamomcemlosakhli@yahoo.com) одну или несколько статей, а также в сканированных файлах сопутствующую документацию, но в одном номере могут быть опубликованы только две работы.

- ***В случае статей, присылаемых по эл. почте, просьба предусмотреть следующие требования:***

- указать в эл. Subject-е название сборника (тема) и фамилию автора (авторов);

- использовать Attach (приложить файл);

- в случае большого объема файла применить архиватор (ZIP, RAR).

- Статья должна быть составлена грамотно, с соблюдением терминологии. Автор (авторы) и рецензенты несут ответственность за содержание и качество статьи.

- Поскольку сборник трудов Грузинского технического университета является некоммерческим изданием, для сотрудников статьи публикуются бесплатно.

- Согласно постановлению академического совета №200 (22.01.2010 г.), физическое лицо, не являющееся сотрудником университета, для публикации статьи в сборнике трудов должно заранее внести или перечислить необходимую сумму (1 страница стоит 10 лари) за статью и соответствующую документацию (две рецензии и направление научного совета организации о публикации статьи в сборнике трудов ГТУ), приложив справку об оплате. В графе «Назначение оплаты» следует записать «стоимость публикации статьи».

Банковские реквизиты ГТУ: Юридическое лицо публичного права (ЮЛПП); Грузинский технический университет; идентификационный код 211349192; банк приема; государственная казна; название получателя: единый счет казны; код банка: TRESGE22; счет получателя: код казны 708977259.

Предлагаем порядок оформления научной статьи:

- статья должна быть представлена в напечатанном виде на странице формата А4, содержать не меньше 5 страниц (поля – 2 см, интервал – 1,5);

- статья должна быть выполнена в виде файла doc или docx (MS Word) и записана на любом магнитном носителе;
- для грузинского текста применять шрифт Sylfaen, размер 12;
- шрифт для английского и русского текстов Sylfaen, размер 12;

Статья должна сопровождаться следующей информацией:

- код УДК (Универсальная десятичная классификация).

Сведения об авторе (авторах) на грузинском, английском и русском языках:

- полностью имя и фамилия автора (авторов), E-mail, научная степень и контактный телефон;
- название департамента, полное название организации – место работы каждого автора – страна, город;
- полностью фамилии и имена рецензентов, адрес электронной почты, научное звание, название департамента или места работы.

К статье должны прилагаться:

- Аннотация на грузинском, английском и русском языках (100-150 слов). *Для иностранных читателей аннотация является единственным источником информации о результатах исследований, приведенных в содержании статьи. Именно это определяет интерес ученого к работе и, соответственно, желание начать дискуссию с автором, познакомиться с полным текстом статьи и т.д.*

Аннотация должна быть:

- *информационной (не должна содержать общих слов и фраз);*
- *оригинальной (перевод на английском и грузинском языках должен быть качественный, при переводе следует использовать специальную терминологию);*
- *содержательной (должна отражать основное содержание статьи и результаты исследования);*
- *структурированной (следовать в статье логике описания результатов).*

Должна содержать:

- *предмет статьи, тему, цель (которые указывают в том случае, если это не ясно из заглавия статьи);*
- *метод или методологию проведенного исследования (описание метода или методологии проведенной работы целесообразно в том случае, если они выделяются новизной, интересны с точки зрения данной работы);*
- *результаты исследования;*
- *ареал использования результатов;*
- *выводы;*

- ключевые слова, расположенные по алфавиту (на грузинском, английском и русском языках);
- в статье должны быть выделены подзаголовки: введение, основная часть и заключение (выводы);
- компьютерные варианты чертежей или фотографий должны быть выполнены в любом графическом

- формате, разрешением – не менее 150 dpi.
- Литература

По рекомендации базы данных международных научных журналов, число использованной литературы желательно должно быть не меньше 10.

Представляем порядок оформления в публикуемой статье использованной литературы:

Фамилия и инициалы всех авторов должны быть выполнены буквами латинского алфавита, т.е. транслитерацией; название статьи с переводом на английский язык; название источников (журнала, сборника трудов, материалов конференции) – транслитерацией (язык статьи указан в скобках).

Литература (Образец)

1. Jacques Sapir. Energy security as a common advantages.
http://www.globalaffairs.ru/rumbler/n_7780 (In Russian).
2. “Official website of the International Energy Agency:
<http://www.iea.org/topics/energysecurity/>” (In English).
3. International Energy Agency “Key World Energy Statistics” 2014 (In English).
4. Energy strategy of France McDoleg_butenko20 May, 2009 (In Russian)
5. G.G. Svanidze, V.P. Gagaa, E.V. Sukhishvili “Rene-wable energy resources of Georgia”, Leningrad, Hydrometizdat, 1987, pp. 75-76 (In Russian).
6. Revaz Arveladze, Tengiz Kereselidze ”The Georgian Full Independence of Electry Power Is Supported By Hydropower”. Sakartvelos Teqniki Universitetis Archil Eliashvilis Saxelobis Martvis sistemebis Institutis Proceedings. N18 2014. Tbilisi (In Georgian).

Для представления статьи должен быть приложен перечень необходимых документов для сотрудников и докторантов Грузинского технического университета:

- две рецензии (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/recenziis_nimushi.docx
- выписка из протокола отраслевой комиссии по издательскому делу факультета (см. образец)
http://publishhouse.gtu.ge/site_files/aqtis_forma.docx
документы должны быть удостоверены печатью факультета.

Автор может использовать в качестве образца один из последних номеров издания.

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-4>

რედაქტორები: ღ. მამალაძე, ნ. ჟიჟილაშვილი, ა. ეგოროვი
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 24.09.2020. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.12.2020. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 13.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent