

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ISSN 1512-0996

შ რ ტ მ ე ბ ი  
TRANSACTIONS  
Т Р У Д Ы

№4(482)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ  
2011

### სარედაქციო კოლეგია:

ა. ფრანგიშვილი (თავმჯდომარე), ლ. კლიშიაშვილი (თავმჯდომარის მოადგილე), ზ. გასიტაშვილი (თავმჯდომარის მოადგილე), ა. აბრალავა, გ. აბრამიშვილი, ა. აბშილავა, თ. ამბროლაძე, ე. ბარათაშვილი, თ. ბაციკაძე, ჯ. ბერიძე, თ. გაბადაძე, ჯ. გახოკიძე, ო. გელაშვილი, ა. გიგინეიშვილი, აღ. გრიგოლიშვილი, ე. ელიზბარაშვილი, ს. ესაძე, ვლ. ვარდოსანიძე, უ. ზვიადაძე, ო. ზუმბურიძე, დ. თავხელიძე, ე. თევზაძე, მ. მესხი, ბ. იმნაძე, ი. კვესელავა, ტ. კვიციანი, თ. ლომინაძე, ი. ლომიძე, მ. მაცაბერიძე, თ. მეგრელიძე, ა. მოწონელიძე, ლ. მძინარიშვილი, დ. ნატროშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი, შ. ნემსაძე, დ. ნოზაძე, გ. სალუკვაძე, ქ. ქოქრაშვილი, ე. ქუთელია, ა. შავგულიძე, მ. ჩხეიძე, თ. ჯაგოდნიშვილი, ნ. ჯიბლაძე, თ. ჯიშკარიანი.

### EDITORIAL BOARD:

A. Prangishvili (chairman), L. Klimiashvili (vice-chairman), Z. Gasitashvili (vice-chairman), A. Abzalava, G. Abramishvili, A. Abshilava, T. Ambroladze, E. Baratashvili, T. Batsikadze, J. Beridze, T. Gabadadze, J. Gakhokidze, O. Gelashvili, A. Gigineishvili, Al. Grigolishvili, E. Elizbarashvili, S. Esadze, Vl. Vardosanidze, U. Zviadadze, O. Zumburidze, D. Tavkheldze, E. Tevzadze, M. Meskhi, B. Imnadze, I. Kveselava, T. Kvitsiani, T. Lominadze, I. Lomidze, M. Matsaberidze, T. Megrelidze, A. Motzonelidze, L. Mdzinarishvili, D. Natroshvili, N. Natsvlishvili, Sh. Nemsadze, D. Nozadze, G. Salukvadze, K. Kokrashvili, E. Kutelia, A. Shavgulidze, M. Chkheidze, T. Jagodnishvili, N. Jibladze, T. Jishkariani.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Прангишвили (председатель), Л. Климиашвили (зам. председателя), З. Гаситашвили (зам. председателя), А. Абралава, Г. Абрамишвили, А. Абшилава, Т. Амброладзе, Е. Бараташвили, Т. Бацикадзе, Дж. Беридзе, Т. Габададзе, Дж. Гахокидзе, О. Гелашвили, А. Гигинеишвили, Ал. Григолишвили, Е. Елизбарашвили, С. Есадзе, Вл. Вардосанидзе, У. Звиаддзе, О. Зумбуридзе, Д. Тавхелидзе, Е. Тевзадзе, М. Месхи, Б. Имнадзе, И. Квеселова, Т. Квициани, Т. Ломинадзе, И. Ломидзе, М. Мацаберидзе, Т. Мегрелидзе, А. Моцонелидзе, Л. Мдзинаришвили, Д. Натрошвили, Н. Нацвлишвили, Ш. Немсадзе, Д. Нозадзе, Г. Салуквадзе, К. Кокрашвили, В. Кутелия, А. Шавгулидзе, М. Чхеидзе, Т. Джагоднишвили, Н. Джибладзе, Т. Джишкარიани.



საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2011

Publishing House “Technical University”, 2011

Издательский дом “Технический Университет”, 2011

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



Verba volant,  
scripta manent

# შინაარსი

## სამშენებლო

დ. ჩიქოვანი, გ. ყიფიანი, რ. ცხვედაძე. ნახვრეტებიანი ფილების გაანგარიშების საფუძვლები ზღვრული წონასწორობის მეთოდით .....	9
გ. ყიფიანი, დ. ჩიქოვანი. დიაგნოზზე მდებარე ნახვრეტის მქონე ფილები.....	14
ზ. ცხველაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი, ქ. მახაშვილი, გ. ჯერენაშვილი. ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის დესკრიპციული მოდელირება .....	18

## სამთო-გეოლოგია

გ. ბერიძე, ნ. მაისურაძე, ქ. თედიაშვილი. ახალი კეტრო-გეოქიმიური მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული ბრანტიოიდების შესახებ.....	28
---	----

## ქიმიური ტექნოლოგია და მეტალურგია

ა. სარუხანიშვილი, დ. კოტრიკაძე. მინაქერამიკის მისაღებად გამოყენებული კომპოზიციების ძველი თერმული დამუშავებისას .....	32
შ. ანდლუაძე, ა. ცინცაძე, ნ. ანდლუაძე ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების ალგორითმული უზრუნველყოფა.....	39

## ინფორმატიკა, მართვის სისტემები

ზ. ყიფშიძე, ა. ჩადუნელი, გ. ანანიაშვილი. ცოდნის ათვისების ორბანიზაციისა და მართვის ინფორმაციული მოდელი .....	43
ს. თოფურია, ნ. მაჭარაშვილი, ზ. წიკლაური. ფუნქციონალური კლასები და ფორმის მუქრივები განხორციელებულ სწავლულ ფუნქციონალურ სისტემის მიმართ.....	47

## სატრანსპორტო, მანქანათმშენებლობა

გ. შარაშენიძე, ა. შარვაშიძე, თ. დუნდუა, პ. კურტანიძე, გ. შარაშენიძე. სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ღრუბრების გავლენა ვაბონის სამუხრუჭო ხუნდების სოლისებრი ცვეთების მოვლენაზე.....	51
გ. შარაშენიძე, თ. დუნდუა, პ. კურტანიძე, ს. შარაშენიძე, თ. მოწონელიძე. სამუხრუჭო კომპოზიციური ხუნდების გავლენა ვაბონის წყვილთვლების მუშაობის ხანგრძლივობაზე .....	57

**ბიზნეს-ინჟინერინგი**

**ა. დიასამიძე. სასწავლებელთა მზრუნველი და მონაგაბი.....62**

**რ. ქუთათელაძე, ა. კობიაშვილი. ცოდნის წარმოღობენა თეორიულ-პრაქტიკული  
მოღვაწეობის საშუალებით) .....67**

**ავტორთა საძიებელი .....71**

**ავტორთა საჩუქრადღებოდ .....72**

# CONTENTS

## BUILDING

- D. Chikovani, G. Kipiani, K. Tskhvedadze.** FOUNDATIONS OF CALCULATION OF HOLEY SLABS BY THE LIMITED EQUILIBRIUM METHOD ..... 9
- G. Kipiani, D. Chikovani.** SLABS WITH HOLES SITUATED ON DIAGONAL DIRECTION ..... 14
- Z. Tskhelashvili, A. Grigolishvili, K. Machashvili, G. Jerenashvili.** DESCRIPTIVE MODELLING OF THE QUALITY OF SURFACE WATER POLLUTION ..... 18

## MINING AND GEOLOGY

- G. Beridze, N. maisuradze, K. Tedliashvili.** NEW PETRO-GEOCHEMICAL DATA OF LATE VARISCAN GRANITOIDS OF KHRAMI CRYSTALLINE MASSIF ..... 28

## CHEMICAL TECHNOLOGY AND METALLURGY

- A.Sarukhanishvili, D. Kotrikadze.** CONDUCT DURING THERMAL TREATMENT OF COMPOSITIONS DESTINED FOR RECEIPT OF GLASS CERAMICS ..... 32
- Sh. Andguladze, A. Tsintsadze, N. Andguladze.** MATHEMATICAL MODELLING OF ECOLOGICAL PROCESSES BY MEANS OF ALGORITHM ..... 39

## INFORMATIC, MANAGING SYSTEMS

- Z. Kipshidze, A. Chaduneli, G. Ananiashvili.** INFORMATTION MODEL OF ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF KNOWLEDGE MASTER..... 43
- S. Topuria, N. Macharashvili, Z. Tsiklauri.** ABOUT CLASSES OF FUNCTIONS AND FOURIER SERIES WITH RESPECT TO GENERALIZED SPHERICAL FUNCTIONS ..... 47

## TRANSPORT, MECHANICAL ENGINEERING

- G. Sharashenidze, A. Sharashenidze, T. Dundua, P. Kurtanidze, S. Sharashenidze.** INFLUENCE OF CLEARANCES OF BRAKE LEVERAGE TRANSMISSION ON PHENOMENON OF WEDGE-SHAPED DETERIORATION OF CARRIAGE BRAKE SHOES ..... 51

**G. Sharashenidze, T. Dundua, P. Kurtanidze, S. Sharashenidze, T. Motsonelidze. INFLUENCE OF BRAKING COMPOSITE SHOES ON DURABILITY OF THE CARRIAGE WHEEL – PAIRS .....57**

**BUSINESS-ENGINEERING**

**A. Diasamidze. GUARDIAN AND PHILANTHROPIST OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS ..... 62**

**R. Kutateladze, A. Kobiashvili. THEORETICAL-GRAPHICAL MODELS OF KNOWLEDGE REPRESENTATION ..... 67**

**AUTHORS’ INDEX ..... 71**

**TO THE AUTHORS ATTENTION ..... 72**

# СОДЕРЖАНИЕ

## СТРОИТЕЛЬСТВО

- Д.А. Чиковани, Г.О. Кипиани, Р.М. Цхведадзе.** ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПЛИТ С ОТВЕРСТИЯМИ  
МЕТОДОМ ГРАНИЧНОГО РАВНОВЕСИЯ ..... 9
- Г.О. Кипиани, Д.А. Чиковани.** ПЛИТЫ С РАСПОЛОЖЕННЫМИ ПО ДИАГОНАЛИ ОТВЕРСТИЯМИ ..... 14
- З.И. Цихелашвили, А.Р. Григолишвили, К.А. Махашвили, Г.В. Джеренашвили.**  
ДЕСКРИПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ..... 18

## ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОЛОГИЯ

- Г.М. Беридзе, Н.И. Маисурадзе, К.Т. Тедлиашвили.** НОВЫЕ ПЕТРО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ  
ДААННЫЕ О ПОЗДНЕВАРИЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ ХРАМСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ..... 28

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, МЕТАЛЛУРГИЯ

- А.В. Саруханишвили, Д.Г. Котрикадзе.** ПОВЕДЕНИЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ  
КОМПОЗИЦИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛОКЕРАМИКИ ..... 32
- Ш.Н. Андгуладзе, А.В. Цинцадзе, Н.Ш. Андгуладзе.** АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ..... 39

## ИНФОРМАТИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- З.Ш. Кипшидзе, А.Ш. Чадунели, Г.Г. Ананишвили.** ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ  
УПРАВЛЕНИЯ УСВОЕНИЕМ ЗНАНИЯ ..... 43
- С.Б. Топурия, Н.Д. Мачарашвили, З.И. Циклаури.** КЛАССЫ ФУНКЦИЙ И РЯДЫ ФУРЬЕ ОТНОСИТЕЛЬНО  
ОБОБЩЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ..... 47

## ТРАНСПОРТ, МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Г.С. Шарашенидзе, А.М. Шарвашидзе, Т.Дж. Дундуа, П.Р. Куртанидзе, С.Г. Шарашенидзе.**  
ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРОВ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ЯВЛЕНИЕ КЛИНОВИДНОГО  
ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК ВАГОНА ..... 51

**Г.С. Шарашенидзе, Т.Дж. Дундуа, П.Р. Куртанидзе, С.Г. Шарашенидзе, Т.Ш. Моцонелидзе.**

**ВЛИЯНИЕ ТОРМОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОЛОДОК НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ РАБОТЫ**

**КОЛЁСНЫХ ПАР ВАГОНА..... 57**

**БИЗНЕС-ИНЖИНИРИНГ**

**А. Н. Диасамидзе. ПОПЕЧИТЕЛЬ И БЛАГОТВАРИТЕЛЬ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ..... 62**

**Р.Г. Кутателадзе, А.А. Кобиашвили. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ**

**ТЕОРЕТИКО-ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ..... 67**

**ПЕРЕЧЕНЬ АВТОРОВ ..... 71**

**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ ..... 72**



# სამშენებლო

შპს 539.3:624.072

**ნახვრეტებიანი ფილების გაანგარიშების საშუალებები ზღვრული წონასწორობის მეთოდით**

**დ. ჩიქოვანი\*, გ. ყიფიანი\*\*, რ. ცხვედაძე**

საინჟინრო მექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: d\_chikovani@gtu.ge\*; gelakip@gmail.com\*\*

**რეზიუმე:** ნაშრომში მოცემულია ნახვრეტებიანი ფილის ანგარიში, ზღვრული წონასწორობის მეთოდით, რომელიც საშუალებას იძლევა გათვლებში გამოვიყენოთ კონსტრუქციების გაორმაგება. დაძაბულობის თეორიით წარმოიქმნება განსაზღვრული დაძაბულობა, ხოლო ელემენტებზე კვეთის შერჩევა ზღვრული მეთოდით სრულდება. პუკის კანონზე დამყარებული გაანგარიშება უზრუნველყოფს ნაგებობების მოჭარბებულ სიმტკიცეს, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მასალის ზედმეტ ხარჯს. ამასთან დაკავშირებით, დაშვებულია ნაგებობების ცალკეულ ელემენტებში პლასტიკური დეფორმაციების წარმოქმნის შესაძლებლობა, რაც მასალის ხარჯვის მიხედვით უზრუნველყოფს ნაგებობების ეკონომიურობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ფილა; დაძაბულობა; ნახვრეტები.

## 1. შესავალი

საინჟინრო ნაგებობათა ზიდვის უნარის დადგენა საკმაოდ რთული და ხშირად პრაქტიკულად განუხორციელებელი ამოცანაა, ვინაიდან იგი მოითხოვს პლასტიკური დეფორმაციის წარმოქმნა-გაორციელების მთელი პროცესის განხილვას. საქმეს არსებითად ამარტივებს ე.წ. თეორემები ზღვრული წონასწორობის შესახებ, რომელთა დახმარებითაც ხერხდება ინჟინრისათვის ხელმისაწვდომი გზით ნაგებობათა ზიდვის უნარის შეფასება.

ერთ-ერთი ეფექტური გზა ამ პრობლემის გადასაწყვეტად არის რკინაბეტონის მასალის სხვადასხვა მახასიათებლის მქონე ფიზიკურ-მექანიკური ნახვრეტებიანი ფილის გამოყენება. ფილის სხვადასხვა კომბინაციის შედგენა საშუალებას იძლევა შეიქმნას სივრცული ნაგებობები, თხელკედლიანი დაფარვა, გადახურვები და შემოსარიდი კონსტრუქციები. ამასთან ტექნოლოგიური მთხოვნილებების მიხედვით ფილაში მონტაჟდება სხვადასხვა ფორმისა და ზომის კონტურის მქონე ნახვრეტები. უფრო ხშირად – მართკუთხა ფორმის. ამ ნახვრეტებს, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს, შეუძლია იმოქმედოს როგორც მთელი ნა-

გებობის, ასევე მისი ცალკეული ელემენტების ფილის მედეგობასა და კონსტრუქციის სიმტკიცეზე. ეს თავის მხრივ საგრძნობლად მოქმედებს გამოთვლების სიზუსტეზე, რასაც მოითხოვს მაღალი ტექნოლოგიები. აქედან გამომდინარე, საჭიროა შემუშავდეს გამოთვლების მარტივი და ეფექტური მეთოდები, რომლებიც ხელმისაწვდომი იქნება როგორც მაღალკვალიფიციური სპეციალისტებისათვის, ასევე ინჟინერ-დამპროექტებლების ფართო წრისათვის.

ნახვრეტების მქონე მართკუთხა ფორმის ფილებისათვის ამოცანა პირველად დასმულ იქნა კ.მ. ვარგაკის მიერ, ხოლო შემდეგ გამოკვლევულ იქნა გ.ნ. სავინის, ბ.კ. მიხაილოვის, გ.ო. ყიფიანის და ი.ნ. პრეობრაჟენსკის და სხვათა შრომებში [1-5].

## 2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ უჭრი კოჭი, რომელიც განიცდის  $q$  ინტენსივობის თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ქმედებას. კოჭის ზიდვის უნარი ამოიწურება მაშინ, როცა მისი ღერძის გასწვრივ წარმოიქმნება სამი პლასტიკური სახსარი, ამასთან ერთი შუა საყრდენის თავზე, დანარჩენი ორი რაიმე  $\xi l$  მანძილზე განაპირა საყრდენებიდან.

კოჭის მარცხენა  $R_1$  საყრდენის რეაქცია განისაზღვრება იმ პირობიდან, რომ მისგან  $\xi l$  მანძილზე მდუნავი მომენტი იღებს ზღვრულ მნიშვნელობას

$$R_1 \xi l - \frac{q(\xi l)^2}{2} = M_{\#}, \Rightarrow R_1 = \frac{M_{\#}}{\xi l} + \frac{q \xi l}{2}.$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ შუა საყრდენის თავზე მოქმედებს უარყოფითი ზღვრული მომენტი, შეგვიძლია დავწეროთ

$$R_1 - \frac{ql^2}{2} = -M_{\#} \text{ ანუ } \frac{M_{\#}}{\xi} + \frac{q \xi l^2}{2} - \frac{ql^2}{2} = -M_{\#},$$

საიდანაც განისაზღვრება ზღვრული დატვირთვის  $q$  მნიშვნელობა

$$q = \frac{2M_{\#}}{l^2} \cdot \frac{1+\xi}{\xi(1-\xi)}. \quad (1)$$

$\xi$  განყენებული რიცხვის განსასაზღვრავად

გამოიყენება ის პირობა, რომ შეირჩეს  $\xi$  პარამეტრიც ისეთნაირად, რომ მან შეძლოს ზღვრული  $q$  დატვირთვის მნიშვნელობის შემცირება, ანუ ვიპოვოთ (1) ტოლობის მინიმუმი

$$\frac{dq}{db} = \frac{2M_y}{l^2} \cdot \frac{\xi^2 + 2\xi - 1}{\xi^2(1-\xi)^2},$$

მინიმუმისათვის

$$\xi^2 + 2\xi - 1 = 0; \quad \xi = -1 + \sqrt{2} \approx 0, 4l.$$

ფილების შემთხვევაში, სადაც ელემენტარული შრეების დაბაბული მდგომარეობა ბრტყელია, პლასტიკური დეფორმაციის წარმოქმნაში მონაწილეობას მიიღებს ნორმალური და მხები ძაბვები.

პირობას, რომელსაც ძაბვები უნდა აკმაყოფილებდეს დეფორმირებადი ტანის რაიმე წერტილში, იმისათვის, რომ მასში წარმოიქმნას პლასტიკური დეფორმაცია, ცნობილია პლასტიკურობის პირობის სახელწოდებით.

ბრტყელი დაბაბული მდგომარეობის პირობებში ყველაზე გაერცელებული პლასტიკურობის პირობა ასეთნაირად გამოიყურება:

$$f(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}) = \sigma_{xx}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}^2 + 3\sigma_{xy}^2 - \sigma_s^2 = 0, \quad (2)$$

სადაც  $\sigma_s$  მასალის დენადობის ზღვარია გაჭიმვის დროს. გამომდინარე პლასტიკურობის (2) პირობიდან მასალა არ არის პლასტიკურად დეფორმირებული, ვიდრე,

$$f(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}) < 0$$

და ამჟღავნებს პლასტიკურობის (დენადობის) თვისებას, როცა

$$f(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}) = 0.$$

განხილულია მართკუთხა რკინაბეტონის ფილის ზიდვის უნარი, როცა ეს უკანასკნელი დაყრდნობილია თავისუფლად და განიცდის თანაბრად განაწილებული  $q$  დატვირთვის ქმედებას.

მღუნავი მომენტების სტატიკურად დასაშვები ველი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial xy^2} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -q.$$

მომენტების სათანადო ველი შეგვიძლია მივიღოთ შემდეგი სახით:

$$M_{xy} = 0, \quad M_x = \frac{q}{4}(a^2 - x^2),$$

$$M_y = \frac{q}{4}(b^2 - y^2).$$

შესაბამისად, პლასტიკურობის პირობებში, ჩასმის შედეგად მივიღებთ

$$q = \frac{4h^2\sigma_{xx}}{a^2\sqrt{1-\tau\left(\frac{b}{a}\right)^2 + \tau\left(\frac{b}{a}\right)^4}}, \quad \tau = \frac{\sigma_{xx}}{\sigma_{yy}}.$$

იმავე ამოცანის შემთხვევაში ზღვრული დატვირთვა შეიძლება განისაზღვროს ზღვრული წონასწორობის მეთოდის კინემატიკური ხერხით. კერძო შემთხვევაში თანაბრად განაწილებული დატვირთვისას მოქმენილია რღვევის ისეთი მექანიზმი (ფორმა), რომელიც საშუალებას იძლევა ნაპოვნი იქნეს რღვევის ნამდვილი სურათი ექსტრემის პრინციპის გარეშე.

შიგა და გარე ძალების მიერ შესრულებული მუშაობათა განტოლების შედეგად ზღვრული დატვირთვა სასრულად ჩამაგრებული ფილისათვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$q = M_y \frac{\oint_F \varphi_o ds}{\iint_F wdF}.$$

ინტეგრალი  $\iint_F wdF$  არის მოცულობა, რომელიც მოთავსებულია დეფორმირებულ ხედაპირსა და დეფორმაციამდე ფილის შუა სიბრტყეს შორის, ხოლო მრიცხველში მოთავსებული წირითი  $M_y$  ინტეგრალის ნამრავლი კი შიგა ძალების მიერ შესრულებული მუშაობა. დადგენილია, რომ  $q$  დატვირთვის ინტენსივობა ზღვრული წონასწორობის დროს აღწევს მინიმალურ მნიშვნელობას, როცა შესრულებულია შემდეგი პირობა:

$$q\left(3 - 2\frac{l}{R}\right)\sin^2 \alpha = \cos \epsilon c \alpha,$$

სადაც  $l$  არის მსახველის სიგრძე კონტურიდან გადატეხის წრფემდე,  $r$  – მანძილი მსახველის გასწვრივ კონტურიდან ორი მეზობელი მსახველის გადაკვეთის წრფემდე,  $\alpha$  – კუთხე მსახველსა და კონტურის მხებს შორის. კვადრატული ფილის შემთხვევაში (ნახ. 1) გადატეხის წრფეები არის ფილის დიაგონალები. მსახველები კი წრფეებია, რომლებიც ფილის ცენტრიდან გამოდის. ასეთ შემთხვევაში  $R = l = a \cos \epsilon c \alpha$  და ზღვრული დატვირთვისათვის მივიღებთ:

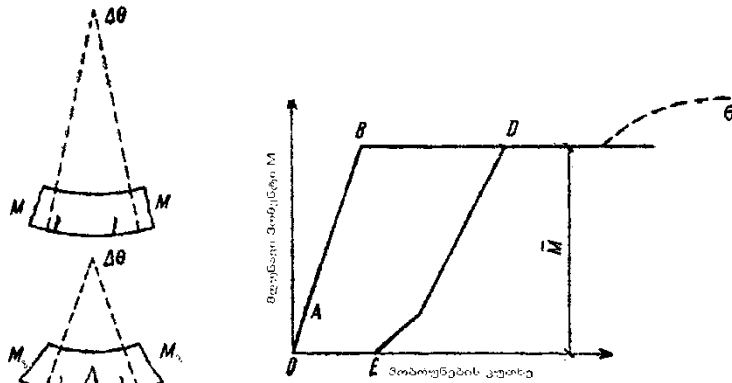
$$q_y = \frac{M_y}{a^2} = \frac{4h^2\sigma_3}{a^2}.$$

რაც ემთხვევა სხვა ავტორების მიერ მიღებულ შედეგებს. ამ შემთხვევაში ჩვენ მიერ აღებული რღვევის ფორმა ემთხვევა რეალურს.

ზღვრული წონასწორობის თეორია სტატიკურად ურღვევი, კერძოდ რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის შემუშავებულია ა. გვოზდევის მიერ. გრაფიკული დამოკიდებულება რკინაბეტონის ელემენტის ორ მომიჯნავე კვეთის ურთიერთშემობრუნების კუთხესა და მღუნავ მომენტს შორის მოცემულია 1.1 ნახ-ზე.  $A$  წერტილი შეესაბამება ბზარის გაჩენის და ელემენტის სიხისტის შემცირებას.  $B$  წერტილი ხასიათდება არმატურის დენადობით. ამ წერტილიდან დაწყებული შემობრუნების კუთხის მატება ხდება

მღუნავი მომენტის პრაქტიკულად უცვლელი მნიშვნელობისას.

არმატურის დენადობის ზღვრის შესაბამის  $M_{\Sigma}$  მომენტს, ეწოდება ზღვრული კვეთა, რომელშიც სრულდება  $M_{\Sigma} = M_{\Sigma}$  პირობა და მას უწოდებენ პლასტიკურ სახსარს. კონსტრუქციული სახსრისგან განსხვავებით, მომენტი პლასტიკურ სახსარში  $M_{\Sigma}$  ზღვრული მომენტის ტოლია. გარდა ამისა, პლასტიკური სახსარი არის ცალმხრივი მოქმედების, რადგან მომენტის შემცირებისას დეფორმაციები იკლებს (მონაკვეთი DE ნახ. 1). ამ ნახაზზე ნაჩვენებია ელემენტის მუშაობა დრეკად და პლასტიკურ მდგომარეობაში.



ნახ. 1. რკინაბეტონის კვეთების დრეკადპლასტიკური მუშაობის სქემა:  $M$  მღუნავი მომენტი ყველაზე დაბალ კვეთში;  $M_{\Sigma}$  - ზღვრული მომენტი

ფოლადის განმტკიცების შესაძლო მოვლენას უგულებელვყოფთ, რადგან მისგან გამოწვეული არსებითი ეფექტის ალბათობა მხოლოდ კონსტრუქციის მნიშვნელოვანი ჩაღუნვისას არის. სტატიკურად განსაზღვრულ ერთმალთან კოჭში არმატურის დენადობა ერთ-ერთ კვეთში გამოიწვევს ჩაღუნვების უწყვეტ ზრდას დატვირთვის მომატების გარეშე. დროთა განმავლობაში, შეკუმშვის დენადობის უბნის საკმარისი სიგრძის შემთხვევაში ბეტონის ზონა დაიზარება და კოჭი მთლიანად დაიშლება.

კონსტრუქციის მდგომარეობას, როდესაც იგი კინემატიკურ მექანიზმად გადაიქცევა და მისი შემდგომი დეფორმაცია იზრდება დატვირთვის მომატების გარეშე, უწოდებენ ზღვრულ მდგომარეობას. სტატიკურად რკვევადი კონსტრუქციისათვის ზღვრული მდგომარეობა წარმოიქმნება პლასტიკური სახსრის გაჩენასთან ერთად. სტატიკურად ურკვევი სისტემის ერთ-ერთ კვეთში პლასტიკური სახსრის გაჩენა არ იწვევს დეფორმაციის უწყვეტ ზრდას და შესაძლებელი იქნება დატვირთვის შემდგომი მომატება. ამ დროს კონსტრუქცია იყოფა დამოუკიდებლად მომუშავე ორ ნაწილად, რომელთაგან თითოეული, ერთმანეთთან შეხების ადგილზე განსაზღვრული  $M_{\Sigma}$  ზღვრული მომენტითაა დატვირთული. მომდევნო პლასტიკური სახსრის გაჩენა სისტემის დამოუკიდებელი ნაწილების რაოდენობას ზრდის სამამდე და ა.შ.

შემდგომი დატვირთვისას კონსტრუქციის გადაქცევა კინემატიკურად ცვლად სისტემად იწვევს მუდმივი დეფორმაციის ზრდას და მის დაშლას. ზღვრული წონასწორობის მეთოდი გა-

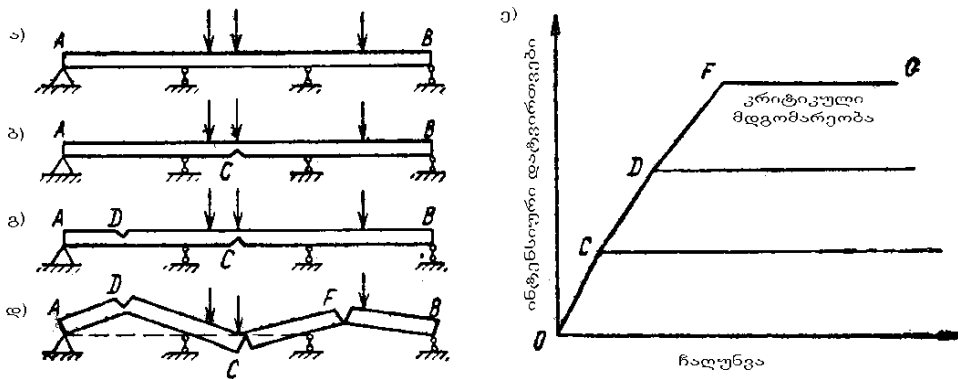
ნიხილავს კონსტრუქციას მისი მზიდუნარიანობის ამოწურვის მომენტში. კონსტრუქციის მუშაობა, მისი მზიდუნარიანობის ამოწურვის წინა პერიოდში ზღვრული წონასწორობის მეთოდით გაანგარიშებისას არ აისახება და ამიტომ მხედველობის მიღმა რჩება.

მე-2 ნახ-ზე მოცემულია სამმალთან კოჭას – ორჯერ სტატიკურად ურკვევი სისტემის მუშაობის სხვადასხვა ეტაპი. 2, ა ნახაზზე ნაჩვენებია დატვირთვის სქემა. შუა მალის კვეთაში პირველი პლასტიკური სახსრის გაჩენის შემდეგ, სისტემა დანაწევრდება ორ ერთმალთან კოჭად AC და CB კონსოლებით (ნახ.2, ბ). თითოეული ეს კოჭი დატვირთულია გარე დატვირთვის და  $M_{\Sigma}$  ზღვრული მომენტის ნაწილებით კონსოლის ბოლოში.

დატვირთვის შემდგომი ზრდისას პირველ მალში გაჩნდება სახსარი D (ნახ. 2, გ). სისტემა ჯერ კიდევ უცვლელია, მისი დეფორმაცია – დრეკადობის ფარგლებში და კოჭის შემდგომი დატვირთვა შესაძლებელია. დასასრულ, საყრდენზე მესამე F სახსრის გაჩენა (ნახ.2, დ) კონსტრუქციის კინემატიკურ მექანიზმად გადაიქცევის.

ამ შემთხვევაში სისტემის დეფორმაცია შეიძლება შეუზღუდავად გაიზარდოს პლასტიკურ სახსრებში არმატურის დენადობის ხარჯზე, დატვირთვის გაზრდის გარეშე.

ასეთი სისტემის რომელიმე წერტილში კოჭის ჩაღუნვის დამოკიდებულება დატვირთვის ინტენსივობაზე ნაჩვენებია მე-2, ე ნახაზზე.



ნახ. 2. სამმალიანი კოჭის მუშაობის სქემა

პირველი ორი სახსრის გაჩენის გრაფიკის თითქმის სწორხაზოვანი ნაწილების დახრილობა მატულობს და C და D წერტილებში აღინიშნება გადატეხა. მხოლოდ მესამე პლასტიკური სახსარი (F წერტილი) იწვევს კონსტრუქციის დამახასიათებელ მდგომარეობას – ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობას, რომელსაც გრაფიკის პორიზონტალური მონაკვეთი შეესაბამება.

სტატიკურად ურკვევი სისტემების გაანგარიშებისას დრეკადობის თეორიის მიხედვით საჭიროა დავაკმაყოფილოთ როგორც წონასწორობის, ასევე დეფორმაციის პირობები (თავსუბადობის პირობები). ზღვრული წონასწორობის მეთოდით გაანგარიშებისას განიხილავენ კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის ამოწურვის მომენტს, როდესაც დეფორმაციის ზრდა მიმდინარეობს დატვირთვის გაზრდის გარეშე. მაშასადამე, ზღვრული დატვირთვის სიდიდე დეფორმაციის ზომებზე არ არის დამოკიდებული.

ელემენტებისათვის, რომლებსაც აქვს საკმაოდ გრძელი დენადობის უბანი, ეს დებულება სრულად დასტურდება ექსპერიმენტული მონაცემებით.

ზღვრული წონასწორობის მეთოდით გაანგარიშებისას გამოიყენება არადეფორმირებული სისტემის განტოლებები. თუმცა, დაშლის სტადიისათვის მათი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დასაშვებია მნიშვნელოვანი ცდომილების გარეშე უგულებელყოფით წონასწორობის განტოლებაში შემავალი ყველა გეომეტრიული სიდიდის ცვლილება, რისი დაცვა არის ზღვრული წონასწორობის მეთოდის პირველი პირობა.

ზღვრული წონასწორობის მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა შეზღუდულია შემდეგი საკმაოდ მნიშვნელოვანი დებულებით რკინაბეტონის ელემენტებში, რომლებიც აკმაყოფილებს გარკვეულ კონსტრუქციულ მოთხოვნებს, დაწოლა არ შეიძლება გაიზარდოს გარკვეულ ზღვარზე მაღლა, ხოლო ზღვრის მიღწევის შემდეგ ელემენტის დეფორმაცია შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს. მთელ ფართობზე თანაბრად განაწილებული ზღვრული დატვირთვის ინტენ-

სივობა შეიძლება მოცემულ იქნეს გ პარამეტრით. სწორედ, ამ პარამეტრის პოვნა არის კონსტრუქციის გაანგარიშების ამოცანა.

რკინაბეტონის ფილების მზიდუნარიანობის გამოთვლისთვის ჩვეულებრივ იყენებენ ზღვრული წონასწორობის მეთოდის კინემატიკურ ხერხს. ამ ხერხის გამოყენებისას განიხილება კინემატიკურად შესაძლებელი ყველა მდგომარეობა, გაზარდვის სქემები და განისაზღვრება მინიმალური დატვირთვა, რომლის დროსაც კონსტრუქცია გადაიტევს ცვლად სისტემად - მექანიზმად ან კინემატიკურ ჯაჭვად. ეს დატვირთვა ითვლება ფილების მზიდუნარიანობად. სტატიკურად ურკვევი სისტემების ზღვრული წონასწორობის მეთოდით გაანგარიშება კინემატიკური ხერხის გამოყენებით, შემდეგში მდგომარეობს:

1) კონსტრუქციის პლასტიკური სახსრები შეიცვლება იდეალური სახსრებით, რომლებზეც მოდებულია შესაბამისი ნიშნის ზღვრული მომენტები;

2) კრიტიკული მდგომარეობა შეესაბამება მომენტს, როდესაც სისტემა ცვლადი ხდება;

3) საძიებელი გ პარამეტრი, რომელიც იძლევა ზღვრული დატვირთვის ინტენსივობას, განისაზღვრება შესაძლო გადაადგილებების პრინციპის საფუძველზე;

4) ტეხილის ყველა შესაძლო სქემიდან მიიღება ის, რომელსაც შეესაბამება მინიმალური ზღვრული დატვირთვა. არმატურის დენადობის შესაბამისი ზღვრული დატვირთვა, როგორც წესი, არ იწვევს ფილის ჩამონგრევას. ფილის სრული რღვევა შეიძლება ზღვრულზე უფრო მაღალი დატვირთვისას მოხდეს, მაგრამ ამას ჩვეულებრივ თან ახლავს დაუშვებლად დიდი ჩახნევა.

ზღვრული მდგომარეობის ცნება, როგორც მდგომარეობისა, რომლის დროს შემდგომი დატვირთვა იწვევს ფილებისათვის დეფორმაციის მკვეთრ გაზრდას, ინარჩუნებს თავის აზრს. თუ დრეკად ფილაში დატვირთვების განაწილების გარკვევა საკმაოდ რთული ამოცანაა, რიგი შემთხვევებისათვის ზღვრულ მდგომარეობაში



ფილის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა შეიძლება მარტივი მოსახერხებელი საფუძველზე.

### 3. დასკვნა

მიღებულია ნახვრეტებიანი ფილის ანგარიში, ზღვრული წონასწორობის მეთოდით, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვრიცხოთ გათვლებში კონსტრუქციის გაორმაგება. გამოკვლეულია თანაბრად დაარმატურებული კვადრატული ფილების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, როდესაც ფილებს კვადრატული ნახვრეტები გააჩნია. მიღებულია პირობები, ნახვრეტის სიდიდესა და პლასტიკური სახსრების გადაკვეთის ცენტრის შეცვლის შესახებ.

### ლიტერატურა

1. Варвак П.М. Устойчивость квадратной пластинки// Труды Киевского инж. ин. Киев., 1945. №7, с. 21-28.
2. Савин Г.Н. Концентрация напряжений около отверстий. Киев: Наук. думка, 1968. – 887 с.
3. Михайлов Б.К. Кипиани Г.О. Деформированность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами. Санкт-Петербург: Стройиздат СПб, 1996. -442 с.
4. Преображенский И.Н. Устойчивость и колебания пластинок и оболочек с отверстиями. Москва: Машиностроение, 1981. -191с.
5. Микеладзе Ш.Е. Некоторые задачи строительной механики. М., Л., 1948.

UDC 539.3:624.072

## FOUNDATIONS OF CALCULATION OF HOLEY SLABS BY THE LIMITED EQUILIBRIUM METHOD

D. Chikovani, G. Kipiani, K. Tskhvedadze

Department of engineering mechanics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is offered calculation of holey slabs by the limited equilibrium method, which gives us a chance to exclude doubling of constructions in the calculations. Determinative tension is made by tension theory, but selection of cut on the elements is carried out by limited method.

The calculation by Hooke's law ensures the firmnes of constructions, which provokes unnecessary expense of material. Hence it follows, that there is possibility of forming plastic deformations, which ensures of economy of constructions according to expence of material.

**Key words:** slab; tension; holes.

УДК 539.3:624.072

## ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПЛИТ С ОТВЕРСТИЯМИ МЕТОДОМ ГРАНИЧНОГО РАВНОВЕСИЯ

Чиковани Д.А., Кипиани Г.О., Цхведадзе Р.М.

Департамент инженерной механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Приведен расчет плиты с отверстиями методом граничного равновесия, который дает возможность исключить в расчетах удвоение конструкций. По теории напряженности образуется определенная напряженность, а методом граничного равновесия выполняется выбор сечения на элементах.

Расчет, опирающийся на законы Гука, обеспечивает избыточную прочность сооружений, что, со своей стороны, вызывает излишние расходы материала. В связи с этим допускается возможность образования пластической деформации в отдельных элементах сооружений, что обеспечивает экономичность сооружений в отношении расхода материала.

**Ключевые слова:** плита; напряженность; отверстия.

მიღებულია დასაბუთებად  
20.09.2011

შპს 539.3:624.072

**დიპლომაზე მდებარე ნახვრეტის მქონე ფილები**

გ. ყიფიანი\*, დ. ჩიქოვანი\*\*

საინჟინრო მექანიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: : gelakip@gmail.com\* ; d\_chikovani@gtu.ge\*\*

**რეზიუმე:** ფილების თეორიის საფუძველზე და განზოგადებული ფუნქციის ელემენტების თეორიის გამოყენებით გადაწყდა მართკუთხა ფილების ამოცანა. მიღებულია ფორმულა, რომელიც საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ ფილების მზიდუნარიანობაზე ნახვრეტის ზომების გავლენა დიაგონალზე მისი განლაგების ადგილის მიხედვით. მიღებულია ნახვრეტების მქონე კვადრატული ფილების კრიტიკული დატვირთვის ფორმულები. აპროქსიმებული ფუნქციების შესაბამისი შერჩევით შემოთავაზებულია ზღვრული პირობების გამოთვლის სხვადასხვა სახე.

**საკვანძო სიტყვები:** ჭრილი; ფილა; ფუნქცია; მართკუთხა ნახვრეტი.

**1. შესავალი**

ნახვრეტის ფილები ფართოდ გამოიყენება სამოქალაქო, სამრეწველო შენობა-ნაგებობების მშენებლობაში, აგრეთვე გვირაბებში, ელვატორების, ბუნკერების, მრავალსართულიან სამრეწველო ნაგებობებში, წარმოების ვერტიკალური ტექნოლოგიებით, საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ ნაგებობებში, რომლებშიც სხვადასხვა კომუნიკაცია უხვადაა.

ნახვრეტის ფილის ბრტყელი ელემენტების გაანგარიშების მეთოდის სიმტკიცესა და მედეგობაზე საკმარისად არ არის გამოკვლეული. დღესდღეობით თითქმის არ არსებობს ინჟინრული გამოთვლებისათვის ფორმულები, კუმულირებული დატვირთვის კრიტიკული ტანგენციალობის განსაზღვრისათვის, გარკვეული კონსტრუქციული თვისებების გათვალისწინებით, მათ შორის ზემოხსენებული სიდიდეებისა და შესუსტებების განლაგებისათვის.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით აქტუალურია ნაშრომში მოცემული ნახვრეტის ფილის დაბალ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზი.

**2. ძირითადი ნაწილი**

ნახვრეტი არ ფარავს ფილის ცენტრს. მან შეიძლება გავლენა არ მოახდინოს ტეხილის სქემაზე, მაშინ ძალების პლასტიკური მესრები ფილის ცენტრში გადაიკვეთება. მას შეუძლია შეცვალოს ტეხილის სქემა და მაშინ სახსრების გადაკვეთის წერტილი ფილის ცენტრიდან

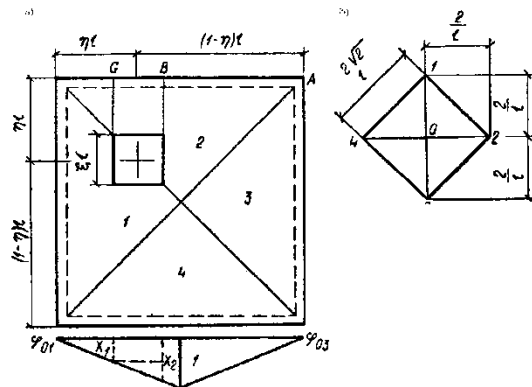
წაინაცვლებს. მოცემულ შემთხვევაში განვიხილავთ ტეხილის სქემას, როდესაც ძალების პლასტიკური სახსრები ნახვრეტის კუთხეებთან მივა და მის შიგნით გადაიკვეთება [1].

გავანალიზოთ ტეხილის ორი შესაძლო სქემა:

1) ტეხილის I სქემა, რომლის დროსაც სახსრები გადაიკვეთება ფილის ცენტრში (ნახ. 1, ა). I-ელ ბ ნახ-ზე ნახვენებია ხისტი დისკოების ბრუნვის კუთხური სინქარების დიაგრამა. ზემოთ მოყვანილი დებულებების საფუძველზე განვსაზღვრავთ ფილის მზიდუნარიანობას, რომლის გეომეტრიული მახასიათებლებია:

$$x_1 = \frac{\eta l - 0,25\xi l}{0,5l} = 2\eta - \xi ;$$

$$x_2 = \frac{\eta l + 0,25\xi l}{0,5l} = 2\eta + \xi .$$



ნახ. 1. კვადრატული ფილის გამოსათვლელი სქემა თანაბარი დატვირთვის შემთხვევაში (პლასტიკური სახსრების ფილის ცენტრში გადაიკვეთება)

დატვირთვის მიერ შესაბამისი შესაძლო გადაადგილებისას შესრულებული გარე ძალების მუშაობა

$$A_{გარე} = g \left[ \frac{1}{3} l^2 (\xi l)^2 (2\eta - \xi) - \frac{1}{3} (\xi l)^2 2\xi \right] =$$

$$= \frac{g l^2}{3} (1 - 6\eta \xi^2 + \xi^3) \tag{1}$$

შიგა ძალების მომენტების მუშაობა იმავე შესაძლო გადაადგილებისას

$$A_{შიგა} = 3m \frac{l\sqrt{2}}{2} \frac{2\sqrt{2}}{l}$$

$$+m \frac{2\sqrt{2}}{l} \left( \frac{l}{2} \sqrt{2} - \xi l \sqrt{2} \right) = m(8 - 4\xi) \quad (2)$$

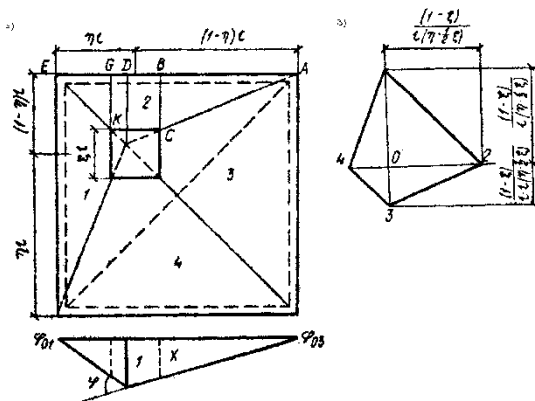
მუშაობათა ტოლობის პირობიდან, მზიდუნარიანობა იქნება

$$g = \frac{m(24 - 12\xi)}{l^2(1 - 6\eta\xi^2 + \xi^3)} \quad (3)$$

ფორმულის გამოსაყენებლობის პირობაა

$$\eta l + 0,5l\xi \leq 0,5l \quad (4)$$

2) ტეხილის II სქემა, როდესაც სახსრები გადაიკვეთება ნახვრეტის შიგნით (ნახ.2, ა). სიმეტრიის გამო, პლასტიკური სახსრების გადაკვეთის ცენტრი მდებარეობს იმ დიაგონალზე, რომელზეც არის ნახვრეტი.



ნახ. 2. კვადრატული ფილის გამოსათვლელი სქემა თანაბარი დატვირთვისას (პლასტიკური სახსრები გადაიკვეთება ნახვრეტში)

განვსაზღვროთ გეომეტრიული მახასიათებლები.

$$k = \frac{\xi l(\eta - 0,5\xi)}{1 - \xi} \quad (5)$$

$$\frac{k}{\xi l - k} = \frac{\eta l - \frac{\xi l}{2} + k}{1 - \eta l + \frac{\xi l}{2} - k} \quad (6)$$

$$\frac{x}{l} = \frac{EG}{ED} = 1 - \xi; \quad (7)$$

$$ED = EG + k = \frac{l(\eta - 0,5\xi)}{1 - \xi} \quad (7)$$

$$AD = \frac{l - l(\eta + 0,5\xi)}{1 - \xi} \quad (8)$$

$$AC = l\sqrt{1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)} \quad (9)$$

ფილის ხისტი დისკოები შემობრუნდება საყრდენების მიმართ  $\varphi_{01}, \varphi_{02}, \varphi_{03}, \varphi_{04}$  კუთხეებით. მეზობელი დისკოების შემობრუნების კუთხე [2-3]:

$$\varphi_{12} = \frac{(1 - \xi)\sqrt{2}}{l(\eta - 0,5\xi)^2} \quad (10)$$

$$\varphi_{34} = \frac{(1 - \xi)\sqrt{2}}{l - l(\eta - 0,5\xi)}; \quad (11)$$

$$\varphi_{23} = \varphi_{14} = \sqrt{\frac{(1 - \xi)^2}{l^2(\eta - 0,5\xi)^2} + \frac{(1 - \xi)^2}{l^2[1 - (\eta - 0,5\xi)]^2}} = \frac{(1 - \xi)\sqrt{1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)}}{l[\eta(1 - \eta) - 0,5\xi(1 - 0,5\xi)]} \quad (12)$$

გამოვთვალოთ გარე ძალების მუშაობა

$$A_{გარე} = g \left( \frac{1}{3} l^2 - (\xi l)^2 (1 - \xi) - \frac{1}{3} (\xi l)^2 \xi \right) = \frac{g l^2}{3} (1 - 3\xi^2 + 2\xi^3) \quad (13)$$

შიგა ძალების (მომენტების) მუშაობა

$$A_{შიგა} = m[4(1 - \xi) + 2l\sqrt{1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)}] \times \frac{(1 - \xi)\sqrt{1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)}}{l[\eta(1 - \eta) - 0,5\xi(1 - 0,5\xi)]} = \left[ 4(1 - \xi) + \frac{2(1 - \xi)[1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)]}{\eta(1 - \eta) - 0,5\xi(1 - 0,5\xi)} \right] \quad (14)$$

შესაძლო გადაადგილებებზე გარე და შიგა ძალების მუშაობის ტოლობიდან განვსაზღვროთ ფილის მზიდუნარიანობის ინტენსივობას:

$$g = \frac{3m}{l^2(1 - 3\xi^2 + 2\xi^3)} \times$$

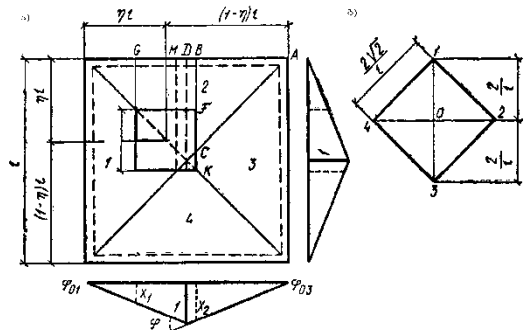
$$\times \left[ 4(1 + \xi) + \frac{2(1 - \xi)[1 - 2\eta(1 - \eta) - \xi(1 - 0,5\xi)]}{\eta(1 - \eta) - 0,5\xi(1 - 0,5\xi)} \right] \quad (15)$$

ტეხილის II სქემისათვის გამოყვანილი ეს ფორმულა მართებულია იმ შემთხვევისთვის, როდესაც ნახვრეტი გადაფარავს ფილის ცენტრს.

გამოყენების პირობა:

$$\eta l + 0,5l\xi \leq l \quad (16)$$

ნახვრეტი გადაფარავს ფილის ცენტრს მე-3, ა ნახ-ზე მოცემული ტეხილის სქემის შენარჩუნებით. განვსაზღვროთ გეომეტრიული ზომები:



ნახ. 3. კვადრატული ფილის გამოსათვლელი სქემა თანაბარი დატვირთვისას (ნახვრეტი გადაფარავს ფილის ცენტრს) ა-ტეხილის სქემა; ბ-ხისტი დისკოების ბრუნვის კუთხური დიაგრამა

$$CK = 2\eta l - \xi l - l; \quad BF = \eta l - 0,5\xi l; \quad (17)$$

$$x_1 = \frac{\eta l - 0,5\xi l}{0,5l} = 2\eta - \xi; \quad (18)$$

$$x_2 = \frac{l - \eta l - 0,5\xi l}{0,5l} = 2 - 2\eta - \xi; \quad (19)$$

$$x_3 = x_2 - x_1 = 2\eta - \xi - (2 - 2\eta - \xi) = 2 - 4\eta - \xi. \quad (20)$$

გარე ძალების მუშაობა

$$A_{გარე} = g \left[ \frac{1}{3} l^2 - (\xi l)^2 (2\eta - \xi) - \frac{(\xi l)^2 + (2\eta l + \xi l - l)^2}{2} \times (2 - 4\eta) - \frac{1}{3} (2\eta l + \xi l - l)^2 (1 - 2 + 2\eta + \xi) \right] \quad (21)$$

გარდაქმნების შემდეგ:

$$A_{გარე} = \frac{gl^2}{3} [1 - 3\xi^2 (1 - \xi) - (2\eta + \xi - 1)^2 (2 - 4\eta - \xi)] \quad (22)$$

შიგა ძალების მუშაობა:

$$A_{შიგა} = 3(l - \eta l - 0,5\xi l) \sqrt{2} \frac{2\sqrt{2}}{l} m + m(\eta l - 0,5\xi l) \sqrt{2} \frac{2\sqrt{2}}{l} = 4m(3 - 2\eta - 2\xi). \quad (23)$$

შესაძლო გადაადგილებებზე გარე და შიგა ძალების მუშაობის ტოლობიდან განვსაზღვროთ ფილის მზიდუნარიანობა:

$$g = \frac{12m(3 - 2\eta - 2\xi)}{l^2 [1 - 3\xi^2 (1 - \xi) - (2\eta + \xi - 1)^2 (2 - 4\eta - \xi)]}. \quad (24)$$

გამოყენების პირობა:

$$0,5l \leq \eta l + 0,5\xi l \leq l.$$

მე-3, ბ ნახ-ზე ნაჩვენები ტეხილის სქემისათვის, როგორც ზემოთ აღვნიშნავთ, მზიდუნარიანობის ფორმულა ისეთივე რჩება, როგორც მე-3, ა ნახ-ზეა ნაჩვენები ნახვრეტის მდებარეობის შემთხვევისათვის, ე.ი. (15) ფორმულა.

გამოყვანილი ფორმულა საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ ფილების მზიდუნარიანობაზე ნახვრეტის ზომების გავლენა დიაგონალზე მისი განლაგების ადგილის მიხედვით.

1-ელი ნახვრეტის კუთხე ფილის ცენტრში მოცემული შემთხვევისათვის შეიძლება ჩაეწეროს შემდეგი პირობა:

$$\eta l + 0,5\xi l = 0,5l \quad (25)$$

მზიდუნარიანობის გამოთვლის შედეგები სხვადასხვა შესაძლო მნიშვნელობისათვის მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

1-ელი ცხრილიდან გამომდინარეობს, რომ თუ ნახვრეტის კუთხე ემთხვევა ფილის ცენტრს, მაშინ პრაქტიკული გამოთვლებისას შეიძლება გამოვიყენოთ ტეხილის სქემა, სახსრების ფილის ცენტრში გადაკვეთით. თუ ძალების სახსრების გადაკვეთის წერტილს გადავადგილებთ ფილის ცენტრიდან ნახვრეტის შიგნით მდებარე წერტილისკენ, მაშინ იმ შემთხვევისთვის, როდესაც რეალიზებულია ტეხილის II სქემა  $\xi = 0,1$ -თვის, მზიდუნარიანობის ცვლილება შესაძლებელია მხოლოდ  $\frac{23,4 - 22,5}{23,4} \cdot 100 = 4,3\%$ -ის ფარგლებში.

ყველა დანარჩენ შემთხვევაში ტეხილის II სქემა ვერ რეალიზდება. ნახვრეტის გადიდებასთან ერთად ზღვრული დატვირთვის ინტენსივობა რამდენადმე იზრდება, ხოლო ფილის სრული დატვირთვა იკლებს.

ცხრილი

ξ	η = 0,5(1 - ξ)	მზიდუნარიანობა g, კნ/მ²		სრული დატვირთვა q კნ (ტეხილის I სქემა)
		ტეხილის I სქემა	ტეხილის II სქემა	
0,1	0,45	234	224	232
0,2	0,4	236	249	226
0,3	0,35	245	262	223
0,4	0,3	248	400	208

### 3. დასკვნა

მიღებულია კვადრატული ფილის გამოსათვლელი სქემა თანაბარი დატვირთვისას, როდესაც პლასტიკური სახსრები ფილის ცენტრში გადაიკვეთება. მიღებულია ფორმულა, რომელიც საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ ფილების მზიდუნარიანობაზე ნახვრეტის ზომების გავლენა დიაგონალზე მისი განლაგების ადგილის მიხედვით. მიღებულია ნახვრეტების მქონე კვა-

დრატული ფილების კრიტიკული დატვირთვის ფორმულები.

### ლიტერატურა

1. Михайлов Б.К., Кипиани Г.О. Деформированность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами. Санкт-Петербург. СПб: Стройиздат, 1996. – 442 с.



- 
2. Kipiani Gela. Design Procedure on Stubility of Three-Layer Plate with Cuts and Holes //Georgian International journal of science and Technology, Tom 1. №4 New York.2008 P.P.337-342.
  3. დ. ჩიქოვანი. ორმაგი სიმრუდის მქონე დამრეცი ხვრეტებიანი გარსის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა // სტუ-ს შრომები. № 2 (456) თბილისი, სტუ, 2005. გვ. 56-59.

**UDC 539.3:624.072**

### **SLABS WITH HOLES SITUATED ON DIAGONAL DIRECTION**

**G. Kipiani, D. Chikovani**

Department of engineering mechanics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** On the basis of slabs theory and the theory of elements of generalized functions there was worked out a problem of right-angled slabs. There is given formula, which allows us analyze the influence of holes size on carrier ability on the diagonal direction.

There are worked out formulas of square slabs with holes. There are given various aspects of calculation of limited condition by corresponding selection of approximate function.

**Key words:** cut; slab; function; right angled hole.

---

**УДК 539.3:624.072**

### **ПЛИТЫ С РАСПОЛОЖЕННЫМИ ПО ДИАГОНАЛИ ОТВЕРСТИЯМИ**

**Кипиани Г.О., Чиковани Д.А.**

Департамент инженерной механики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** На основе теории плит и теории элементов обобщенной функции решена задача прямоугольной плиты. Получена формула, которая позволяет проанализировать влияние величины отверстий на несущую способность плиты по месту их расположения на диагонали. Получены формулы критической нагрузки квадратных плит с отверстиями. Соответствующим выбором аппроксимированных функций предложены различные виды расчета граничных условий.

**Ключевые слова:** разрез; плита; функция; прямоугольные отверстия.

---

*მიღებულია დასაბუტდად*  
**20.09.2011**

**შპს 628.1****ხელშეკრულებითი ვაჭრობის დაბინძურების ხარისხის დესკრიპციული მოდელირება****ზ. ციხელაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი, ქ. მახაშვილი, გ. ჯერენაშვილი**

ჰიდროინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: [Click here to enter text.](#)

**რეზიუმე:** შემოთავაზებულია ხელშეკრულებითი ვაჭრობის დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების დესკრიპციული მოდელირება, რომელიც შეიძლება გამოიყენებოდეს იქნეს წყალსარგებლობის კატეგორიების შესაბამისად (მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო დანიშნულებით), როგორც ხელშეკრულებითი ვაჭრობის სუბიექტების სამეურნეო საქმიანობით გამოწვეული ზეგავლენის, ასევე მათში დამაბინძურებელ ქიმიურ ნივთიერებათა ჩაშვების რეგლამენტირების და შესაძლო დაბინძურების თავიდან აცილება მონიტორინგი-კონტროლის რეალური ინსტრუმენტული საშუალება. მოდელირების შედეგები შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს გამოსაყენებლად წყლის რესურსების ინტეგრირებულ მართვაში და ყველა იმ წყალსამეურნეო სუბიექტისათვის ვინც საქმიანობით დაკავშირებულია წყლის ხარისხის შეფასება-პროგნოზირებასთან.

**საკვანძო სიტყვები:** ხელშეკრულებითი ვაჭრობის დაბინძურების ხარისხი; წყალსარგებლობის კატეგორიები; დესკრიპციული მოდელირება.

**1. შესავალი**

ხელშეკრულებითი ვაჭრობის ობიექტები (მდინარე, ტბა და სხვა) რთული სისტემებია, რომლებიც გამოიყენება წყალსარგებლობის ცალკეული კატეგორიების მიხედვით (მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა).

ხელშეკრულებითი ვაჭრობის (წყალსატევების) ხარისხის ნორმირება არის წყლის შედგენილობისა და თვისებების მარკირების დადგენა, რომლებიც საიმედოდ უზრუნველყოფს, მოსახლეობის ჯანმრთელობას, წყალსარგებლობის ხელსაყრელ პირობებს და წყალსატევების ეკოლოგიურ სისუფთავეს.

წყალსაცავების წყლის ხარისხის ნორმების დადგენა ხდება წყალსარგებლობის ცალკეული კატეგორიების მიხედვით:

- სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობა;
- სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობა;
- თევზსამეურნეო წყალსარგებლობა, რომელიც თავის მხრივ იყოფა უმაღლეს, პირველ და მეორე კატეგორიებად.

**სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობის კატეგორიას** მიეკუთვნება წყალსატევები, რომელთა წყლის რესურსები გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის.

**სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის კატეგორიას** მიეკუთვნება წყალსატევები, რომელთა წყლის რესურსებით სარგებლობა წარმოებს სარეკრეაციო მიზნებისათვის ან დასახლებული პუნქტების ფარგლებში.

**თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის კატეგორიას** მიეკუთვნება წყალსატევები, ან მათი ნაწილები, რომლებიც გამოიყენება თევზის მარაგის აღწარმოებისათვის, თევზრეწვისა და თევზის მიგრაციისათვის, მათ შორის:

- უმაღლეს კატეგორიას წყალსატევების ის უბნები განეკუთვნება, სადაც არსებობს საქვრითე ადგილები გამოსაზამთრებელი ორმოები განსაკუთრებულად ძვირფასი ჯიშის თევზებისათვის; დაცული ტერიტორიები, სადაც მიმდინარეობს ხელოვნური მოშენება;
- პირველ კატეგორიას განეკუთვნება წყალსატევები, გამოიყენებული ძვირფასი ჯიშის თევზების შენარჩუნებისა და აღწარმოებისათვის, რომლებსაც წყალში ჟანგბადის შემცველობაზე მაღალი მგრძობიარობა ახასიათებთ;
- მეორე კატეგორიას განეკუთვნება წყალსატევები, რომლებიც სხვა თევზსამეურნეო მიზნებისათვის გამოიყენება.

ხელშეკრულებითი ვაჭრობის შედგენილობის და თვისებების დადგენილი ნორმატივები წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით მოყვანილია 1-ელ და მე-2 დანართებში (იხ. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის ბრძანება № 130, 1996 წლის 17 სექტემბერი, ქ. თბილისი „საქართველოს ხელშეკრულებითი ვაჭრობის დაბინძურებისაგან დაცვის წესების დამტკიცების შესახებ“).

**2. ძირითადი ნაწილი**

1-ელ და მე-2 დანართების მონაცემების საფუძველზე, გადაწყვეტილია წყალსატევების წყლის ხარისხის დესკრიპციული მოდელირების აგების შესაძლებლობა დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების შესაბამისად წყალსარგებლობის აღნიშნული კატეგორიების მიხედვით.

**ზოგადი მოთხოვნები წყალსატევებში წყლის შედგენილობისა და თვისებების რეგლამენტირება წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით**

მანვენებლები	წყალსარგებლობის კატეგორია			
	მოსახლეობის სას- მელ-სამეურნეო მიზნებისათვის	მოსახლეობის სა- მეურნეო- საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის	თევზსამეურნეო მიზნებისათვის	
			უმაღლესი და პირ- ველი კატეგორია	მეორე კატეგორია
1	2	3	4	5
შეწონილი ნაწილაკები	დასაშვებია შეწონილი ნაწილაკების შემცველობის მატება არა უმეტეს:			
	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ	0,25 მგ/ლ	0,75 მგ/ლ
	მდინარეებისათვის, რომლებიც წყალმცირობისას შეიცავს 30 მგ/ლ ბუნებრივ შეწონილ ნაწილაკებს, დასაშვებია მათი მომატება 5% ფარგლებში			
	თუ ჩამდინარე წყლები შეწონილ ნაწილაკებს შეიცავს, რომელთა დაღეჭვის სინქარე აღემატება 0,2 მმ/წმ, მათი ჩაშვება აკრძალულია წყალსაცავებში (ტბებში), ხოლო თუ აღემატება 0,4 მმ/წმ – მდინარეებში (არხებში)			
მცურავი მინარევი (ნივთიერებები) შეფერილობა	წყლის ზედაპირზე არ უნდა იყოს ნავთობპროდუქტების, ზეთების და ცხიმების აფსკები, აგრეთვე სხვა მინარევები.			წყალმა არ უნდა მიიღოს უცხო ფერი
	წყლის სვეტში არ უნდა შეინიშნებოდეს:		20 სმ	
	20 სმ	10 სმ		
სუნი, გემო	წყალმა არ უნდა მიიღოს 1 ბალზე მეტი ინტენსიურობის სუნი და გემო, რომელიც შეინიშნება:		წყალმა თევზის პროდუქტს არ უნდა მისცეს უცხო სუნი და გემო	
	უშუალოდ, შემდ- გომი ქლორირების ან სხვაგვარი და- მუშავების შემდეგ	უშუალოდ		
ტემპერატურა	ზაფხულში წყლის ტემპერატურამ ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შემდეგ არ უნდა მოიმატოს 3°C მეტად ბოლო 10 წლის განმავლობაში ყველაზე ცხელი თვის წყლის საშუალოთვიურ ტემპერატურასთან შედარებით		წყლის ტემპერატურამ არ უნდა მოიმატოს 3°C მეტად წყალსატევის ბუნებრივ ტემპერატურასთან შედარებით. ამასთან ერთად წყლის ობიექტებში, სადაც ბინადრობს ცივი წლის მოყვარული თევზები (ორაგულისებრნი და სივასებრნი), მაქსიმალური დასაშვები ტემპერატურაა: 20°C ზაფხულში და 5°C ზამთარში, ხოლო დანარჩენ წყლის ობიექტებში 29°C ზაფხულში და 8°C ზამთარში	
რეაქცია (pH)	არ უნდა სცილდებოდეს 6,5-8,5			

დანართი 1-ის გაგრძელება

1	2	3	4	5
წყლის მინერალიზაცია	არა უმეტეს 1000 მგ/ლ მათ შორის: ქლორიდები – 350 მგ/ლ, სულფატები – 500 მგ/ლ	ნორმირება ხდება ზემოთ მოყვანილ მაჩვენებლის „გემო“ მიხედვით	ნორმირება ხდება თევზსამეურნეო წყლის ობიექტების ტაკსაციების შესაბამისად	
წყალში გახსნილი ქანგბადი	წლის ნებისმიერ დროდ არ უნდა იყოს ნაკლები:			
	4 მგ/ლ	4 მგ/ლ	6 მგ/ლ	6 მგ/ლ
ქანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება, უბმ სრული	20°C ტემპერატურისას არ უნდა აღემატებოდეს:			
	3 მგ/ლ	6 მგ/ლ	3 მგ/ლ	6 მგ/ლ
ქანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, უკმ	არ უნდა აღემატებოდეს:			
	მგ/ლ	მგ/ლ	–	–
ქიმიური ნივთიერებები	არ უნდა აღემატებოდეს მე-2 დანართში მოყვანილ ნორმატივებს			
დაავადებათა გამომწვევები	წყალი არ უნდა შეიცავდეს დაავადებათა გამომწვევებს, მათ შორის სიცოცხლისუნარიან ჰელმინტების კვერცხებს, ტენიების ონკოსფეროებს და სიცოცხლისუნარიან პათოგენურ ნაწლავის უმარტივესთა ცისტებს			
ლაქტოზა, ნაწლავის ჩხირები არა უმეტესი	10000 ლიტრში	5000 ლიტრში	–	–
კოლოფაგები არა უმეტესი	100 ლიტრში	100 ლიტრში	–	–
წყლის ტოქსიკურობა	–	–	ჩამდინარე წყალი წყლის ობიექტში ჩაშვების ადგილზე არ უნდა ახდენდეს ტესტ-ობიექტებზე მწვავე ტოქსიკურ ზემოქმედებას. წყალი წყლის ობიექტის საკონტროლო კვეთში არ უნდა ახდენდეს ქრონიკულ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ტესტ-ობიექტებზე	

შენიშვნა: დეფისი – ნიშნავს, რომ მაჩვენებელი არ არის ნორმირებული

მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესაძლებლად სასამეურნეო საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის მოყვანილია

1-ელ ცხრ-ში, ხოლო თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის მე-2 ცხრ-ში. შესაბამისად 1-ელ ცხრ-ში მოყვანილი

ქიმიური ინგრედიენტების მიხედვით სასმელ-სამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის შედგენილია წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასების დესკრიფციული მოდელები (იხ. ცხრ. 3). აგრეთვე მე-2 ცხრ-ში მოყვანილი

ინგრედიენტებისთვის თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის აგებულია წყლის დაბინძურების ხარისხის შეფასების დესკრიფციული მოდელები (იხ. ცხრ. 4).

დანართი 2

**წყალსატევებში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით**

№ რიგში	ინგრედიენტის დასახელება	საშიშროება	სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის		თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის	
			მაკნეობის ლიმიტირებული მაჩვენებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ	მაკნეობის ლიმიტირებული მაჩვენებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ
1	2	3	4	5	6	7
1.	ამონიუმის აზოტი	3	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,39	ტოქსიკოლოგიური	0,39
2.	ალუმინი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5
3.	ბარიუმი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ორგანოლექტიკური	2,0
4.	ბერილიუმი	1	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0002	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0002
5.	ბორი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,5	ტოქსიკოლოგიური	10,0
6.	დარიშხანი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	ტოქსიკოლოგიური	0,05
7.	ვანადიუმი	3	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,001
8.	ვერცხლის-წყალი	1	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0005	ტოქსიკოლოგიური	0,0001
9.	ვოლფრამი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,005	ტოქსიკოლოგიური	0,0008
10.	თუთია	3	საერთო-სანიტარიული	1,0	ტოქსიკოლოგიური	0,01
11.	კადმიუმი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001	ტოქსიკოლოგიური	0,005
12.	კობალტი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
13.	კაპროლაქტამი	4	საერთო-სანიტარიული	1,0	საერთო სანიტარიული	1,0
14.	მანგანუმი	3	ორგანოლექტიკური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
15.	მოლიბდენი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,25	ტოქსიკოლოგიური	0,012
16.	ნიტრატები	3	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	45,0	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	40,0
17.	ნიტრიტები	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	3,3	ტოქსიკოლოგიური	0,08
18.	ნიკელი	3	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,01
19.	რკინა	3	ორგანოლექტიკური	0,3	ტოქსიკოლოგიური	0,005
20.	სელენი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001	ტოქსიკოლოგიური	0,0016
21.	სპილენძი	3	ორგანოლექტიკური	1,0	ტოქსიკოლოგიური	0,001
22.	სულფატები	4	ორგანოლექტიკური	500	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	100,0
23.	სტიბიუმი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05
24.	ტალიუმი	1	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001
25.	ტიტანი	3	საერთო-სანიტარიული	0,1	საერთო სანიტარიული	0,1

დანართი 2-ის გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7
26.	ტყვია	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,03	ტოქსიკოლოგიური	0,1
27.	ტელური	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,01	ტოქსიკოლოგიური	0,0028
28.	ვოსფორი	1	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,0001	ტოქსიკოლოგიური	არ უნდა იყოს
29.	ფტორიდები	2	ტოქსიკოლოგიური	0,05	ტოქსიკოლოგიური	0,05
30.	ქლორიდები	4	ორგანოლექტიკური	350,0	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	300,0
31.	ქრომი Cr <sup>(+6)</sup>	3	ორგანოლექტიკური	0,1	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,001
32.	ციანიდები	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,05
33.	ეთილენი	3	ორგანოლექტიკური	0,5	ორგანოლექტიკური	0,5
34.	სზან	3	ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,1
35.	მეთანოლი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	3,0	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1
36.	ნავთობპროდუქტები	4	ორგანოლექტიკური	0,3	სათევზმეურნეო	0,05
37.	ფორმალდეჰიდი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,05	სანიტარიული	0,01
38.	აცეტონი	3	საერთო-სანიტარიული	2,2	ტოქსიკოლოგიური	0,05
39.	ბუთინის სპირტი	2	სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიური	0,1	ტოქსიკოლოგიური	0,03
40.	ფენოლები	4	ორგანოლექტიკური	0,001	სათევზმეურნეო	0,001

დესკრიფციული მოდელების შედგენისას გამოყენებულ იქნა [1,2]-ში მოყვანილი მეთოდოლოგიური მიდგომა. კერძოდ, იქნა ე.წ. "ჰარინგტონის სასურველობის ფუნქციები", რომელთა მიხედვით შესაძლებელი შეიქმნა ექსპერტის (სპეციალისტის) მიერ განვითარებული მოსაზრებების მოდელირება (ე.წ. ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასება) უგანზომილებო სკალაზე შემდეგი რიცხვითი ინტერვალების შესაბამისად:

$d \in (0,00-0,29) \rightarrow$  „ძალიან ცუდი“;  $d \in (0,20-0,37) \rightarrow$  „ცუდი“;  $d \in (0,37-0,63) \rightarrow$  „დამაკმაყოფილებელი“;  $d \in (0,63-0,80) \rightarrow$  „კარგი“;  $d \in (0,80-1,00) \rightarrow$  „ძალიან კარგი“.

მე-3 და მე-4 ცხრილებში მოყვანილი მოდელებით შესაძლებელია განისაზღვროს საანალიზო ქიმიური ინგრედიენტისთვის არსებული დაბინძურების ხარისხი, რისთვისაც საჭირო იქნება მოცემულ ინგრედიენტისთვის შედგენილ მოდელში ანალიზით მიღებული ფაქტიური მნიშვნელობის ჩასმა. იმის მიხედვით, თუ შეფასების სკალაზე რა მნიშვნელობას მიიღებს საანალიზო  $d$  ინგრედიენტი, შესაბამისად შეფასდება

მისი დაბინძურების ხარისხიც. ამრიგად, მოყვანილი მოდელებით შესაძლებელია დიფერენციულად განისაზღვროს თითოეული ინგრედიენტით გამოწვეული შესაბამისი დაბინძურების ხარისხი. წყლის საერთო ხარისხის შესაფასებლად მიღებული დიფერენციული ხარისხობრივი შეფასებების მონაცემების კრიტერიუმით შესაძლებელი ხდება განზოგადებული (ინტეგრირებული) ხარისხობრივი შეფასების გამოყენება. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს [1,2]-ის მიხედვით შემოთავაზებული საშუალო გეომეტრიულის განსაზღვრის კრიტერიუმი, რომელიც ზემოთ მოყვანილი სკალის იგივე ხარისხობრივი შეფასების ინტერვალებით ხასიათდება:

$$D(d_1, \dots, d_m) = \exp \left( \sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \ln d_i \right) = \prod_{i=1}^m d_i^{1/m},$$

სადაც არის საანალიზო ჯგუფის ინგრედიენტების მიხედვით განსაზღვრული საერთო ხარისხობრივი შეფასების მნიშვნელობა,  $\Pi$  – ნამრავლის აღების ნიშანი.



**მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესადგენად  
სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო წყალსარგებლობის წყალსატევებისათვის**

№ რიგზე	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღკ)	ინგრედიენტის მნიშვნელობა ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების შესაბამისად (d=0,2→ცუდი, d=0,9→კარგი)
1	2	3	4
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	ამონ=0,1 → d=0,7; ამონ=0,5 → d=0,2
2	ალუმინი	0,5	ალ=0,1 → d=0,8; ალ=0,7 → d=0,2
3	ბარიუმი	0,1	ბარ=0,02 → d=0,8; ბარ=0,15 → d=0,2
4	ბერილიუმი	0,0002	ბერ=0,0001 → d=0,8; ბერ=0,0009 → d=0,2
5	ბორი	0,5	ბორ=0,02 → d=0,8; ბორ=0,7 → d=0,2
6	დარიშხანი	0,05	დარ=0,01 → d=0,8; დარ=0,08 → d=0,2
7	ვანადიუმი	0,1	ვან=0,01 → d=0,8; ვან=0,15 → d=0,2
8	ვერცხლისწყალი	0,0005	ვერც=0,00005 → d=0,8; ვერც=0,0008 → d=0,2
9	ვოლფრამი	0,005	ვოლფ=0,008 → d=0,8; ვოლფ=0,009 → d=0,2
10	თუთია	1,0	თუთ=0,2 → d=0,8; თუთ=1,4 → d=0,2
11	კადმიუმი	0,001	კადმ=0,0001 → d=0,8; კადმ=0,003 → d=0,2
12	კობალტი	0,1	კობ=0,05 → d=0,8; კობ=0,18 → d=0,2
13	კაპრლაქტამი	1,0	კაპრ=0,2 → d=0,8; კაპრ=1,5 → d=0,2
14	მანგანუმი	0,1	მანგ=0,05 → d=0,8; მანგ=0,18 → d=0,2
15	მოლიბდენი	0,25	მოლ=0,1 → d=0,8; მოლ=0,35 → d=0,2
16	ნიტრატები	45,0	ნიტრა=10,1 → d=0,8; ნიტრა=55 → d=0,2
17	ნიტრიტები	3,3	ნიტრ=1,0 → d=0,8; ნიტრ=5 → d=0,2
18	ნიკელი	0,1	ნიკ=0,05 → d=0,8; ნიკ=0,18 → d=0,2
19	რკინა	0,3	რკ=0,1 → d=0,8; რკ=0,5 → d=0,2
20	სელენი	0,001	სელ=0,0005 → d=0,8; სელ=0,008 → d=0,2
21	სპილენძი	1,0	სპ=0,05 → d=0,8; სპ=1,5 → d=0,2
22	სულფატები	500,0	სულფ=50 → d=0,8; სულფ=600 → d=0,2
23	სტიბიუმი	0,05	სტიბ=0,02 → d=0,8; სტიბ=0,1 → d=0,2
24	ტალიუმი	0,0001	ტალ=0,00005 → d=0,8; ტალ=0,007 → d=0,2
25	ტიტანი	0,1	ტიტ=0,02 → d=0,8; ტიტ=0,15 → d=0,2
26	ტყვია	0,03	ტყ=0,01 → d=0,8; ტყ=0,7 → d=0,2
27	ტელური	0,01	ტელ=0,005 → d=0,8; ტელ=0,05 → d=0,2
28	ფოსფორი	0,0001	ფოსფ=0,00008 → d=0,8; ფოსფ=0,05 → d=0,2
29	ფტორიდები	0,05	ფტორ=0,02 → d=0,8; ფტორ=0,1 → d=0,2
30	ქლორიდები	350,0	ქლორ=35 → d=0,8; ქლორ=450 → d=0,2
31	ქრომი	0,1	ქრ=0,05 → d=0,8; ქრ=0,15 → d=0,2
32	ციანიდები	0,1	ციან=0,05 → d=0,8; ციან=0,15 → d=0,2
33	ეთილენი	0,5	ეთ=0,1 → d=0,8; ეთ=0,9 → d=0,2
34	სზან	0,1	სზან=0,02 → d=0,8; სზან=0,15 → d=0,2
35	მეთანოლი	0,3	მეთ=0,5 → d=0,8; მეთ=4 → d=0,2
36	ნავთობპროდუქტები	0,3	ნავთ=0,05 → d=0,8; ნავთ=1,5 → d=0,2
37	ფორმალდეჰიდი	0,05	ფორმ=0,001 → d=0,8; ფორმ=0,09 → d=0,2
38	აცეტონი	2,2	აცეტ=0,08 → d=0,8; აცეტ=3,5 → d=0,2
39	ბუთილის სპირტი	0,1	ბუთ=0,02 → d=0,8; ბუთ=0,15 → d=0,2
40	ფენოლები	0,001	ფენ=0,0001 → d=0,8; ფენ=0,005 → d=0,2

**მონაცემები დესკრიფციული მოდელების შესადგენად თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის  
წყალსატევებისათვის**

№ რიგზე	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღკ)	ინგრედიენტის მნიშვნელობა ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების შესაბამისად (d=0,2→ცუდი, d=0,9→კარგი)
1	2	3	4
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	ამონ=0,1 → d=0,8; ამონ=0,5 → d=0,2
2	ალუმინი	0,5	ალ=0,1 → d=0,8; ალ=0,7 → d=0,2
3	ბარიუმი	2,0	ბარ=0,5 → d=0,8; ბარ=3,0 → d=0,2
4	ბერილიუმი	0,0002	ბერ=0,0001 → d=0,8; ბერ=0,0009 → d=0,2
5	ბორი	10,0	ბორ=1,0 → d=0,8; ბორ=15 → d=0,2
6	დარიშხანი	0,05	დარ=0,01 → d=0,8; დარ=0,1 → d=0,2
7	ვანადიუმი	0,001	ვან=0,0009 → d=0,8; ვან=0,003 → d=0,2
8	ვერცხლისწყალი	0,00001	ვერც=0,000001 → d=0,8; ვერც=0,009 → d=0,2
9	ვოლფრამი	0,0008	ვოლფ=0,0001 → d=0,8; ვოლფ=0,001 → d=0,2
10	თუთია	0,01	თუთ=0,009 → d=0,8; თუთ=0,05 → d=0,2
11	კადმიუმი	0,005	კადმ=0,0009 → d=0,8; კადმ=0,09 → d=0,2
12	კობალტი	0,01	კობ=0,005 → d=0,8; კობ=0,09 → d=0,2
13	კაპრლაქტამი	1,0	კაპრ=0,2 → d=0,8; კაპრ=1,5 → d=0,2
14	მანგანუმი	0,01	მანგ=0,05 → d=0,8; მანგ=0,09 → d=0,2
15	მოლიბდენი	0,012	მოლ=0,008 → d=0,8; მოლ=0,04 → d=0,2
16	ნიტრატები	40,0	ნიტრა=5 → d=0,8; ნიტრა=50 → d=0,2
17	ნიტრიტები	0,08	ნიტრი=1,0 → d=0,8; ნიტრი=0,15 → d=0,2
18	ნიკელი	0,01	ნიკ=0,005 → d=0,8; ნიკ=0,09 → d=0,2
19	რკინა	0,005	რკ=0,0008 → d=0,8; რკ=0,05 → d=0,2
20	სელენი	0,0016	სელ=0,0008 → d=0,8; სელ=0,05 → d=0,2
21	სპილენძი	0,001	სპ=0,0001 → d=0,8; სპ=0,009 → d=0,2
22	სულფატები	100,0	სულფ=10 → d=0,8; სულფ=120 → d=0,2
23	სტიბიუმი	0,05	სტიბ=0,02 → d=0,8; სტიბ=0,1 → d=0,2
24	ტალიუმი	0,0001	ტალ=0,00005 → d=0,8; ტალ=0,007 → d=0,2
25	ტიტანი	0,1	ტიტ=0,02 → d=0,8; ტალ=0,15 → d=0,2
26	ტყვია	0,1	ტყ=0,02 → d=0,8; ტყ=0,15 → d=0,2
27	ტელური	0,0028	ტელ=0,001 → d=0,8; ტელ=0,0035 → d=0,2
28	ფოსფორი	0,0001	ფოსფ=0,00008 → d=0,8; ფოსფ=0,008 → d=0,2
29	ფტორიდები	0,05	ფტორ=0,02 → d=0,8; ფტორ=0,1 → d=0,2
30	ქლორიდები	300,0	ქლორ=10 → d=0,8; ქლორ=380 → d=0,2
31	ქრომი	0,001	ქრ=0,0008 → d=0,8; ქრ=0,05 → d=0,2
32	ციანიდები	0,05	ციან=0,0001 → d=0,8; ციან=0,7 → d=0,2
33	ეთილენი	0,5	ეთ=0,1 → d=0,8; ეთ=1,0 → d=0,2
34	სზან	0,1	სზან=0,02 → d=0,8; სზან=0,15 → d=0,2
35	მეთანოლი	0,1	მეთ=0,05 → d=0,8; მეთ=0,18 → d=0,2
36	ნავთობპროდუქტები	0,05	ნავთ=0,008 → d=0,8; ნავთ=0,15 → d=0,2
37	ფორმალდეჰიდი	0,01	ფორმ=0,008 → d=0,8; ფორმ=0,08 → d=0,2
38	აცეტონი	0,05	აცეტ=0,08 → d=0,8; აცეტ=0,15 → d=0,2
39	ბუთილის სპირტი	0,03	ბუთ=0,01 → d=0,8; ბუთ=0,15 → d=0,2
40	ფენოლები	0,001	ფენ=0,0001 → d=0,8; ფენ=0,005 → d=0,2



დეკრიფციული მოდელები სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო  
 წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის

№ რიგზე	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღკ)	დეკრიფციული მოდელი $d \in [0,1]$	$d_{ზღკ}$
1	2	3	4	
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	$d_{ამონ} = \exp[-\exp(-1,994+4,94_{ამონ})]$	0,39
2	ალუმინი	0,5	$d_{ალ} = \exp[-\exp(-1,829+3,293_{ალ})]$	0,43
3	ბარიუმი	0,1	$d_{ბარ} = \exp[-\exp(-1,8+25,2_{ბარ})]$	0,46
4	ბერილიუმი	0,0002	$d_{ბერ} = \exp[-\exp(-1,747+3,479_{ბერ})]$	0,75
5	ბორი	0,5	$d_{ბორ} = \exp[-\exp(-1,56+2,9_{ბორ})]$	0,41
6	დარიშხანი	0,05	$d_{დარ} = \exp[-\exp(-1,78+28,23_{დარ})]$	0,50
7	ვანადიუმი	0,1	$d_{ვან} = \exp[-\exp(-1,64+14,11_{ვან})]$	0,45
8	ვერცხლისწყალი	0,0005	$d_{ვერცხ} = \exp[-\exp(-1,63+2634,7_{ვერცხ})]$	0,48
9	ვოლფრამი	0,005	$d_{ვოლფ} = \exp[-\exp(-1,69+240,97_{ვოლფ})]$	0,54
10	თუთია	1,0	$d_{თუთ} = \exp[-\exp(-1,829+1,646_{თუთ})]$	0,42
11	კადმიუმი	0,001	$d_{კადმ} = \exp[-\exp(-1,57+681,3_{კადმ})]$	0,66
12	კობალტი	0,1	$d_{კობ} = \exp[-\exp(-2,26+15,2_{კობ})]$	0,62
13	კაპროლაქტამი	1,0	$d_{კაპრ} = \exp[-\exp(-1,8+1,52_{კაპრ})]$	0,47
14	მანგანუმი	0,1	$d_{მანგ} = \exp[-\exp(-2,26+15,2_{მანგ})]$	0,62
15	მოლიბდენი	0,25	$d_{მოლ} = \exp[-\exp(-2,29+7,9_{მოლ})]$	0,48
16	ნიტრატები	45,0	$d_{ნიტრ} = \exp[-\exp(-1,994+0,44_{ნიტრ})]$	0,36
17	ნიტრიტები	3,3	$d_{ნიტრი} = \exp[-\exp(-1,994+0,494_{ნიტრი})]$	0,50
18	ნიკელი	0,1	$d_{ნიკ} = \exp[-\exp(-2,26+15,2_{ნიკ})]$	0,62
19	რკინა	0,3	$d_{რკ} = \exp[-\exp(-1,994+4,94_{რკ})]$	0,55
20	სელენი	0,001	$d_{სელ} = \exp[-\exp(-1,63+263,5_{სელ})]$	0,77
21	სპილენძი	1,0	$d_{სპ} = \exp[-\exp(-1,57+1,36_{სპ})]$	0,44
22	სულფატები	500,0	$d_{სულფ} = \exp[-\exp(-1,68+0,0036_{სულფ})]$	0,33
23	სტრონციუმი	0,05	$d_{სტრო} = \exp[-\exp(-1,994+24,7_{სტრო})]$	0,62
24	ტალიუმი	0,0001	$d_{ტალ} = \exp[-\exp(-1,514+284,32_{ტალ})]$	0,79
25	ტიტანი	0,1	$d_{ტიტ} = \exp[-\exp(-1,804+15,2_{ტიტ})]$	0,47
26	ტყვია	0,03	$d_{ტყ} = \exp[-\exp(-1,529+2,86_{ტყ})]$	0,78
27	ტელური	0,01	$d_{ტელ} = \exp[-\exp(-1,719+43,9_{ტელ})]$	0,75
28	ფოსფორი	0,0001	$d_{ფოსფ} = \exp[-\exp(-1,52+249,5_{ფოსფ})]$	0,79
29	ფტორიდები	0,05	$d_{ფტორ} = \exp[-\exp(-1,994+24,7_{ფტორ})]$	0,62
30	ქლორიდები	350,0	$d_{ქლორ} = \exp[-\exp(-1,67+0,0048_{ქლორ})]$	0,37
31	ქრომი $Cr^{(6)}$	0,1	$d_{ქრო} = \exp[-\exp(-2,488+19,76_{ქრო})]$	0,55
32	ციანიდები	0,1	$d_{ციან} = \exp[-\exp(-2,488+19,76_{ციან})]$	0,55
33	ეთილენი	0,5	$d_{ეთ} = \exp[-\exp(-1,747+2,47_{ეთ})]$	0,55
34	სზან	0,1	$d_{სზან} = \exp[-\exp(-1,804+15,2_{სზან})]$	0,47
35	მეთანოლი	0,3	$d_{მეთ} = \exp[-\exp(-1,78+0,564_{მეთ})]$	0,40
36	ნავთობპროდუქტები	0,3	$d_{ნავთ} = \exp[-\exp(-1,568+1,363_{ნავთ})]$	0,73
37	ფორმალდეჰიდი	0,05	$d_{ფორმ} = \exp[-\exp(-1,52+22,2_{ფორმ})]$	0,51
38	აცეტონი	2,2	$d_{აცეტ} = \exp[-\exp(-1,546+0,578_{აცეტ})]$	0,46
39	ბუთილის სპირტი	0,1	$d_{ბუთ} = \exp[-\exp(-1,804+15,2_{ბუთ})]$	0,47
40	ფენოლები	0,001	$d_{ფენ} = \exp[-\exp(-1,54+403,27_{ფენ})]$	0,72

**დესკრიფციული მოდელები შედგენილი თევზსამეურნეო  
წყალსარგებლობის წყალსატევებისთვის**

№ რიგზე	ინგრედიენტის დასახელება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღვ)	დესკრიფციული მოდელი $d \in [0,1]$	$d_{ზღვ}$
1	2	3	4	
1	ამონიუმის აზოტი	0,39	$d_{ამონ} = \exp[-\exp(-1,994+4,94_{ამონ})]$	0,39
2	ალუმინი	0,5	$d_{ალ} = \exp[-\exp(-1,829+3,293_{ალ})]$	0,43
3	ბარიუმი	0,1	$d_{ბარ} = \exp[-\exp(-1,895+0,79_{ბარ})]$	0,48
4	ბერილიუმი	0,0002	$d_{ბერ} = \exp[-\exp(-1,747+2470_{ბერ})]$	0,75
5	ბორი	10,0	$d_{ბორ} = \exp[-\exp(-1,64+0,14_{ბორ})]$	0,46
6	დარიშხანი	0,05	$d_{დარ} = \exp[-\exp(-1,719+21,96_{დარ})]$	0,58
7	ვანადიუმი	0,001	$d_{ვან} = \exp[-\exp(-2,34+940,95_{ვან})]$	0,78
8	ვერცხლისწყალი	0,00001	$d_{ვერცხ} = \exp[-\exp(-1,5+219,58_{ვერცხ})]$	0,79
9	ვოლფრამი	0,0008	$d_{ვოლფ} = \exp[-\exp(-1,719+2195,5_{ვოლფ})]$	0,36
10	თუთია	0,01	$d_{თუთ} = \exp[-\exp(-1,93+48,2_{თუთ})]$	0,79
11	კადმიუმი	0,005	$d_{კადმ} = \exp[-\exp(-1,52+22,18_{კადმ})]$	0,78
12	კობალტი	0,01	$d_{კობ} = \exp[-\exp(-1,62+23,25_{კობ})]$	0,77
13	კაპრლაქტამი	1,0	$d_{კაპრ} = \exp[-\exp(-1,8+1,52_{კაპრ})]$	0,47
14	მანგანუმი	0,01	$d_{მანგ} = \exp[-\exp(-1,62+23,25_{მანგ})]$	0,77
15	მოლიბდენი	0,012	$d_{მოლ} = \exp[-\exp(-1,994+61,7_{მოლ})]$	0,75
16	ნიტრატები	40,0	$d_{ნიტრ} = \exp[-\exp(-1,72+0,044_{ნიტრ})]$	0,35
17	ნიტრიტები	0,08	$d_{ნიტრი} = \exp[-\exp(-1,64+14,11_{ნიტრი})]$	0,55
18	ნიკელი	0,01	$d_{ნიკ} = \exp[-\exp(-1,62+23,25_{ნიკ})]$	0,77
19	რკინა	0,005	$d_{რკინ} = \exp[-\exp(-1,53+40,16_{რკინ})]$	0,77
20	სელენი	0,0016	$d_{სელ} = \exp[-\exp(-1,53+40,16_{სელ})]$	0,77
21	სპილენძი	0,001	$d_{სპილ} = \exp[-\exp(-1,52+222,0_{სპილ})]$	0,76
22	სულფატები	100,0	$d_{სულფ} = \exp[-\exp(-1,68+0,018_{სულფ})]$	0,32
23	სტიბიუმი	0,05	$d_{სტიბ} = \exp[-\exp(-1,994+24,7_{სტიბ})]$	0,62
24	ტალიუმი	0,0001	$d_{ტალ} = \exp[-\exp(-1,514+284,32_{ტალ})]$	0,79
25	ტიტანი	0,1	$d_{ტიტ} = \exp[-\exp(-1,8+15,2_{ტიტ})]$	0,47
26	ტყვია	0,1	$d_{ტყვ} = \exp[-\exp(-1,8+15,2_{ტყვ})]$	0,47
27	ტელური	0,0028	$d_{ტელ} = \exp[-\exp(-2,29+790,4_{ტელ})]$	0,40
28	ფოსფორი	0,0001	$d_{ფოსფ} = \exp[-\exp(-1,52+249,5_{ფოსფ})]$	0,79
29	ფტორიდები	0,05	$d_{ფტორ} = \exp[-\exp(-1,994+24,7_{ფტორ})]$	0,62
30	ქლორიდები	300,0	$d_{ქლორ} = \exp[-\exp(-1,8+0,006_{ქლორ})]$	0,39
31	ქრომი	0,001	$d_{ქრო} = \exp[-\exp(-1,53+40,16_{ქრო})]$	0,77
32	ციანიდები	0,05	$d_{ციან} = \exp[-\exp(-1,529+2,86_{ციან})]$	0,78
33	ეთილენი	0,5	$d_{ეთ} = \exp[-\exp(-1,72+2,2_{ეთ})]$	0,58
34	სზან	0,1	$d_{სზან} = \exp[-\exp(-1,804+15,2_{სზან})]$	0,47
35	მეთანოლი	0,1	$d_{მეთ} = \exp[-\exp(-2,26+15,2_{მეთ})]$	0,62
36	ნავთობპროდუქტები	0,05	$d_{ნავთ} = \exp[-\exp(-1,61+13,92_{ნავთ})]$	0,67
37	ფორმალდეჰიდი	0,01	$d_{ფორმ} = \exp[-\exp(-1,72+27,44_{ფორმ})]$	0,79
38	აცეტონი	0,05	$d_{აცეტ} = \exp[-\exp(-1,61+13,92_{აცეტ})]$	0,67
39	ბუთილის სპირტი	0,03	$d_{ბუთ} = \exp[-\exp(-1,64+14,11_{ბუთ})]$	0,74
40	ფენოლები	0,001	$d_{ფენ} = \exp[-\exp(-1,54+403,27_{ფენ})]$	0,72

**3. დასკვნა**

ამრიგად, ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხის შეფასება-პროგნოზირების შემოთავაზებული დესკრიფციული მოდელები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყალსარგებლობის კატეგორიების შესაბამისად (მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო და თევზსამეურნეო

დანიშნულებით), როგორც ზედაპირულ წყლებზე სუბიექტების სამეურნეო საქმიანობით გამოწვეული ზეგავლენის, ასევე მათში დამაბინძურებელ ქიმიურ ნივთიერებათა ჩაშვების რეგლამენტირების და შესაძლო დაბინძურების თავიდან აცილება-მონიტორინგი-კონტროლის რეალური ინსტრუმენტული საშუალება.

მოდელირების შედეგები შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს წყლის რესურსების გამოსაყენებლად ინტეგრირებულ მართვაში და ყველა იმ წყალსამეურნეო სუბიექტისათვის ვინც საქმიანობით დაკავშირებულია წყლის ხარისხის შეფასება-პროგნოზირებასთან.

#### ლიტერატურა

1. Калинина Э.В., Лапига А.Г. и др. Оптимизация качества. Сложные продукты и процессы. М.: Химия, 1989.- 256 с.
2. Цихелашვილი З.И., Прангишვილი А.И., Чхенкеლი Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками / Под ред. академика В.В. Чавчанидзе. Мецниереба, 1997, с.264.

#### UDC 628.1

### DESCRIPTIVE MODELLING OF THE QUALITY OF SURFACE WATER POLLUTION

Z. Tsikhelashvili, A. Grigolishvili, K. Makhashvili, G. Jerenashvili

Department of hidro-engineering , Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is proposed an approach of descriptive modelling of water pollution. Such approach may be used in accordance with the water managment categories (for drinking, domestic and fish culture purposes) as a real facility concerned with the activity in water industry for the regulating of contaminant discharge in surface waters, monitoring and protection of pollution condition.

The simulation results are recommended for the integrated management of water and water-resources subjects related to the estimation and forecasting of water quality.

**Key words:** surface water; water pollution quality; categories of water use; descriptive modelling.

#### УДК 628.1

### ДЕСКРИПТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Цихелашვილი З.И., Григоლიშვილი А.Р., Махашვილი К. А., Джеренашვილი Г. В.

Департамент гидро-инженерии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Предлагается подход дескриптивного моделирования качества загрязнения воды. Данный подход может быть использован в соответствии с категориями водопользования (для питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного назначения), как реальное инструментальное средство в водохозяйственной деятельности субъектов, с целью регламентирования спуска в поверхностные воды загрязняющих веществ, мониторинга и предохранения от состояния загрязнения.

Результаты моделирования рекомендуются для интегрального управления водными ресурсами и водохозяйственными субъектами, которые связаны оценкой и прогнозированием качества воды.

**Ключевые слова:** поверхностная вода; степень загрязнения воды; категории водопользования; дескриптивное моделирование.

*მიღებულია დასაბუჯლად*  
20.09.2011

# სამთო-გეოლოგია

**შპკ 550.8**

**ახალი პეტრო-გეოქიმიური მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული ბრანტიოიდების შესახებ**

გ. ბერიძე\*, ნ. მაისურაძე, ქ. თედიაშვილი

გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

აღწერილობის გეოლოგიის ინსტიტუტი, მ. ალექსიძის 1/9.

E-mail: giorgi.beridze@list.ru\*

**რეზიუმე:** ხრამის მასივის გვიანვარისკული ბრანტიოიდები წარმოდგენილია კირ-ტუტე სერიის ქანებით და უმთავრესად მიეკუთვნება I ტიპის ბრანტიოიდებს. გამოიყოფა ბიოტიტის, გრანატის, რქატყუარა-ორთიტიანი ბრანტიოიდები და ალიასკიტები. ფორმირების გეოქიმიური პირობების მიხედვით ბიოტიტის ბრანტიოიდები მიეკუთვნება IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, გრანატის ბრანტიოიდები - IAG+CAG+CCG/POG და RRG+CEUG/POG, რქატყუარა-ორთიტიანი ბრანტიოიდები - IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, ხოლო ალიასკიტები - RRG+CEUG/POG ქანების ტიპი და არის ზედა ქერქული წარმონაქმნი.

**საკვანძო სიტყვები:** ბრანტიოიდები; ბიოტიტი; გრანატი; ორთიტი; ხრამის მასივი.

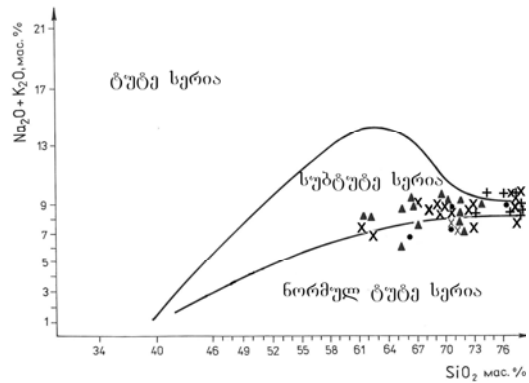
**1. შესავალი**

ხრამის კრისტალური მასივი მდებარეობს სამხრეთ საქართველოში შავი ზღვა-ცენტრალური ამიერკავკასიის ტერეინზე (I. Gamkrelidze, 1997) და არის ართვინ-ბოლნისის ბელტის ჰორსტისებრი აზეგების გადარეცხილი ნაწილი. მისი აღპურის წინა კრისტალური კომპლექსი ძირითადად წარმოდგენილია კამბრიულამდე გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსით და გვიანვარისკული ბრანტიოიდებით. ბრანტიოიდებში გამოიყოფა ბიოტიტის, ბიოტიტ-გრანატის და ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი სახესხვაობები (Цхелишვილი, 1971, 1976; Гамкრелидзе, Шенгелиа, 2005; Shengelia et al., 2008).

**2. ძირითადი ნაწილი**

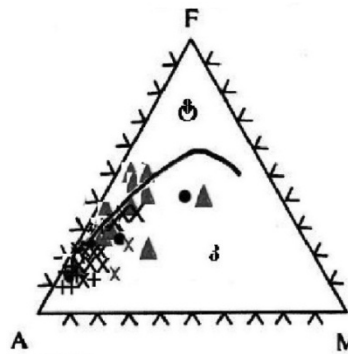
SiO<sub>2</sub> – (Na<sub>2</sub>O+ K<sub>2</sub>O) დიაგრამაზე (სურ.1) ბიოტიტის, ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი და გრანატის ბრანტიოიდების ფიგურული წერტილებების უმრავლესობა სუბტუტე, ხოლო ნაწილი

ნორმულ-ტუტე ბრანტიოიდების ველში გადაწეულია. ალიასკიტები, სუბტუტე და მაღალიტუტიანი ბრანტიოიდების ველში მოხვდა.



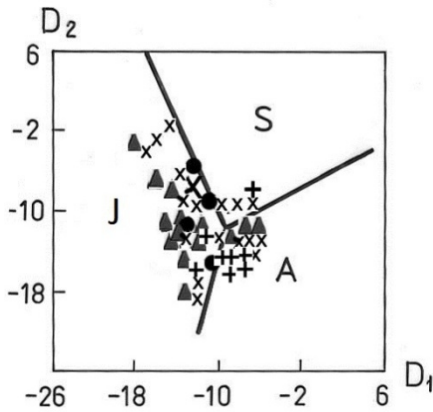
ნახ. 1. (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) – SiO<sub>2</sub> დიაგრამა მაგმური ქანებისთვის მ.ვილსონის (Wilson M., 1989) მიხედვით. x – ბიოტიტის ბრანტიოიდები; ● - გრანატის ბრანტიოიდები; ▲ - ბიოტიტ-რქატყუარის ბრანტიოიდები; + - ალიასკიტები

AFM დიაგრამაზე (ნახ. 2). ბიოტიტის და გრანატის ბრანტიოიდების აღმნიშვნელი ფიგურული წერტილები კირ-ტუტე ველში, ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი ბრანტიოიდების უმრავლესობა ასევე ამავე ველში, ხოლო ნაწილი – ტოლეიტურ, ალიასკიტის კირ-ტუტე ველში გადაწეულია.



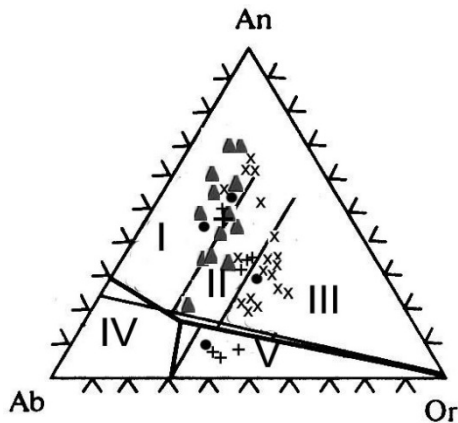
ნახ. 2. AFM დიაგრამა ტოლეიტური და კირტუტესერიებისთვის (Kuno H., 1968). პირობითი ნიშნები იგივეა, რაც 1-ელ ნახ.-ზე

S, I და A დისკრიმინაციული დიაგრამის (Hassan, McAlister, 1992) მიხედვით გრანატიანი გრანიტოიდები I გრანიტების ტიპს, ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი გრანიტოიდები I და ნაწილობრივ A ტიპს, ბიოტიტიანი I, A და S ტიპს, ხოლო ალიასკიტები A-ტიპს მიეკუთვნება (ნახ. 3).



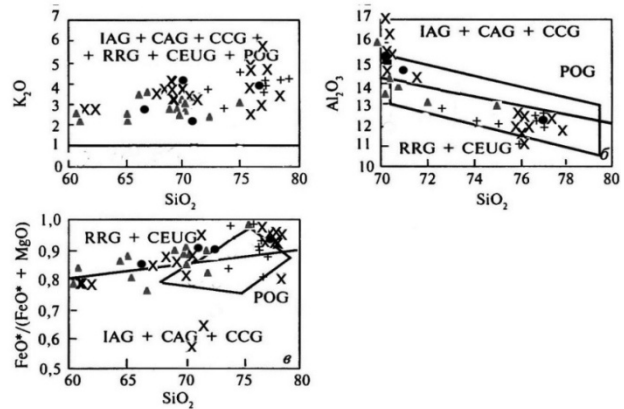
ნახ. 3. I, A და S ტიპის გრანიტების დისკრიმინაციული დიაგრამა (Hassan, McAlister, 1992). პირობითი ნიშნები იგივეა, რაც 1-ელ ნახ-ზე

Ab-An-Or დიაგრამაზე (O'Connor, 1965) (ნახ. 4), ბიოტიტიანი გრანიტოიდები კვარციანი მონცონიტის და ტონალიტის ველებში გადანაწილდა, მხოლოდ ორი ნიმუში მოხვდა გრანოდიორიტის ველში. გრანატიანი გრანიტოიდები ტონალიტის, კვარციანი მონცონიტის და გრანიტის ველში განთავსდა. ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი გრანიტოიდების უმრავლესობა ტონალიტის პასუხობს, მათი 3 წერტილი გრანოდიორიტის აღმნიშვნელ ველში მოხვდა. ალიასკიტები თანაბრად გადანაწილდა გრანიტების და გრანოდიორიტების ველებში.



ნახ. 4. Ab-An-Or კლასიფიკაციური დიაგრამა (Barker F., 1979; O'Connor J.T., 1965) მჟავე შედგენილობის ქანებისთვის. დიაგრამაზე მსხვილი ხაზით ნაჩვენებია ველთა საზღვრები (ბერკერის მიხედვით), ხოლო წვრილი ხაზით (ოკონორის მიხედვით). I – ტონალიტი, II – გრანოდიორიტი, III – კვარციანი მონცონიტი, IV – ტონალიტი, V – გრანიტი. პირობითი ნიშნები იგივეა, რაც 1-ელ ნახ-ზე

პ. მანიარის და ფ. პიკოლის მიერ (Maniar P.D, Piccoli P.M, 1989) შემოთავაზებულ იქნა დიაგრამები, რომლებიც საშუალებას იძლევა რამდენიმე საფეხურიანი ინტერპრეტაციის შედეგად გამოიწუნოს იქნეს სხვადასხვა გეოქიმიკურ პირობებში წარმოშობილი გრანიტოიდები (ნახ. 5).



ნახ. 5. სხვადასხვა გეოქიმიკურ პირობებში ჩამოყალიბებული გრანიტოიდების განმსაზღვრელი დისკრიმინაციული დიაგრამები. გრანიტოიდები: IAG – კუნძულთა რკალის, CAG – კონტინენტური რკალის, CCG – კონტინენტური კოლიზის, POG – პოსტოროგენული, RRG – რიფტთან დაკავშირებული, CEUG – კონტინენტური ეპიროგენული ახეების, OP – ოკეანური პლაგიოგრანიტები. (Maniar P.D, Piccoli P.M, 1989) პირობითი ნიშნები იგივეა, რაც 1-ელ ნახ-ზე.

პირველ საფეხურზე ხდება ოკეანური პლაგიოგრანიტების გამოიწვნა დანარჩენი ტიპის გრანიტოიდებისგან. ჩვენ შემთხვევაში, როგორც ეს მოსალოდნელი იყო, ოკეანური პლაგიოგრანიტების აღმნიშვნელ ველში არც ერთი წერტილი არ მოხვდა.

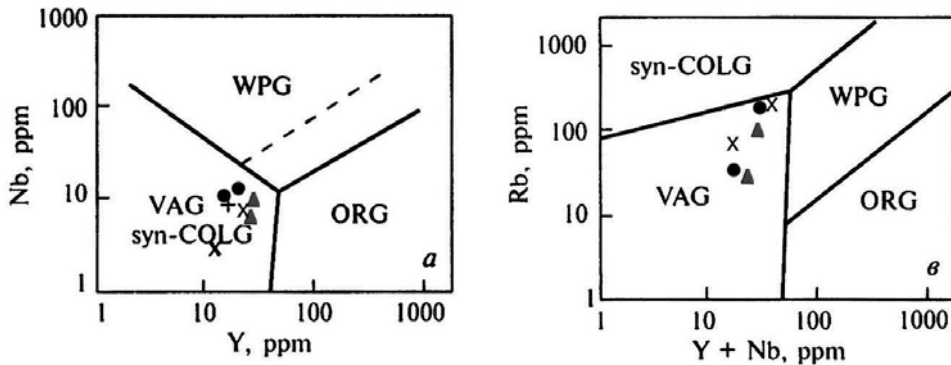
მეორე საფეხურზე ხდება ამ წერტილების გამოიწვნა ფორმირების გეოქიმიკური პირობების მიხედვით.  $Al_2O_3-SiO_2$  დიაგრამაზე ბიოტიტიანი გრანიტოიდები IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG – ის, გრანატიანი გრანიტოიდები IAG+CAG+CCG/POG და RRG+CEUG/POG – ის, ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი გრანიტოიდები IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG – ის, ხოლო ალიასკიტები კი – RRG+CEUG/POG გრანიტოიდების ველში განლაგდა.

$FeO^*/(FeO^*+MgO)$  დიაგრამაზე ბიოტიტიანი გრანიტოიდების ფიგურული წერტილების უმრავლესობა RRG+CEUG/POG გრანიტოიდების, ხოლო ნაწილი IAG+CAG + CCG გრანიტოიდების ველში განთავსდა. გრანატიანი გრანიტოიდები RRG+CEUG/POG გრანიტოიდების ველში მოხვდა. ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი გრანიტოიდები RRG +CEUG/POG გრანიტოიდების, მხოლოდ ოთხი წერტილი განთავსდა IAG+CAG+CCG გრანიტოიდების ველში. ალიასკიტების ფიგურული წერტილები RRG+CEUG/POG გრანიტოიდების ველში განლაგდა, მხოლოდ 3 წერტილი განთავსდა IAG+CAG+CCG/POG გრანიტოიდების აღმნიშვნელ ველში.



პირსის (Pearse A. at all, 1984) Nb-Y დიაგრამაზე (ნახ. 6) ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდები განთავსდა VAG+syn-COLG ველში,

ხოლო Rb-(Y+Nb) ველში ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტები მოხვდა VAG ველში.



ნახ. 6. გრანიტოიდების დისკრიმინაციული დიაგრამები Nb-Y, Ta-Yb, R-(Y+Nb), Rb-(Yb+Ta). გრანიტები: ORG – ოკეანური ქედის, WRG – შიგაფილაქნური, VAG – კუნძულთა რკალების, syn-COLG კოლიზიური (Pearse A. at all, 1984). პირობითი ნიშნები იგივეა, რაც 1-ელ ნახ-ზე.

ხრამის გვიანვარისკული გრანიტოიდების პეტროგეოქიმიური მახასიათებლების (ცხრ.1) საშუალო მონაცემების შედარება ქვედა და ზედაქერქულ წარმონაქმნებთან ტეილორის და მაკ-

ლენანის მიხედვით (Taylor, McLennan, 1988) გვიჩვენებს, რომ შესწავლილი გრანიტოიდები თავის მახასიათებლებით უპირატესად შეესაბამება ზედაქერქულ წარმონაქმნებს

ცხრილი 1

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდების საშუალო პეტროგეოქიმიური მახასიათებლების შედარება ზედა და ქვედა ქერქულ გრანიტოიდებთან ტეილორის და მაკლენანის მიხედვით (Taylor, McLennan, 1988)

ქიმიური ელემენტები	წარმონაქმნები		ხრამის გვიანვარისკული გრანიტების სახესვებობები		
	ქვედა ქერქული	ზედა ქერქული	გრანატიანი	ბიოტიტიანი	ბიოტიტ-რქატყუარიანი
SiO <sub>2</sub>	54,40%	66%	70,91%	71,10%	67,80%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,10%	15,20%	14,40%	14,45%	14,47%
K	0,28%	2,80%	2,75%	3,18%	2,30%
K/Rb	530	250	304	292	307
Rb/Sr	0,023	0,32	0,39	0,44	0,30

### 3. დასკვნა

ამრიგად, ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტოიდები მიეკუთვნება მაღალთიხამიწიან კირტუტე სერიის ქანებს. ისინი უმეტეს წილად წარმოდგენილია I ტიპის გრანიტოიდებით, მხოლოდ ალიასკიტები პასუხებს A ტიპს. ფორმირების გეოდინამიკური პირობების მიხედვით ბიოტიტიანი გრანიტოიდების ჩამოყალიბება IAG+ CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, გრანატიანი გრანიტოიდების IAG+CAG+CCG/POG და RRG+CEUG/POG, ბიოტიტ-რქატყუარა-ორთიტიანი გრანიტოიდების IAG+CAG+CCG და RRG+CEUG/POG, ხოლო ალიასკიტების RRG+CEUG/POG – ფორმირების გეოდინამიკურ პირობებს შეესაბამება და ზედაქერქულ წარმონაქმნებს მიეკუთვნება.

### ლიტერატურა

1. Гамкрелидзе И. П., Шенгелиа Д. М. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. Москва: Научный мир, 2005. - 460 с.
2. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. - 379 с.
3. Цхელიшвили М.С. О гранатовой разновидности гранитоидов Храмского массива // Сообщ. АН ГССР, 1971, 64, №2, с.357-360.
4. Цхელიшвили М.С. Ортитсодержащие гранитоиды Храмского массива // Сообщ. АН ГССР, 1976, 83, №3, с.649-652.

5. Barker F. Trondhjemite: Definition, environment and hypotheses of origin Trondhjemite, dacites and related rocks. Elsevier, Amsterdam. 1979. P. 1-12.
6. Khuno H. Differentiation of basalt magmas // Hess H. H., Poldervaart A. (eds) Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition. V. 2. Interscience, N. Y. 1968. P. 623-688.
7. Maniar P. D., Piccoli P. M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Am. Bull. 1989. V. 101. P. 635-643/
8. O'Connor J. T. A classification for quartz-rich igneous rock based on feldspar ratios // U. S. Geol. Surv. Prof. 1965. V. 525B. P. B79 – B84.
9. Shengelia D, Gamkrelidze I, Tsutsunava T, Shubitidze L, Petro- and Geochemistry of the late variscan granitoids of the Caucasus // proceeding of Al. Janelidze Institute of Geology. New series. Vol. 124. 2008. p.204-221.
10. Wilsin M. Igneous petrogenesis. Unwin Hyman, London, 1989.

**UDC 550.8****NEW PETRO-GEOCHEMICAL DATA OF LATE VARISCAN GRANITOIDS OF KHRAMI CRYSTALLINE MASSIF****G. Beridze, N. Maisuradze, K. Tedliashvili**

Department of geology, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia  
 Georgia Late  
 TSU. Alexander Janelidze Geological institute Alexsidze str.1/9

**Resume:** There are represented variscan granitoids of the Khrami massif by high aluminous calc-alkali rocks and mainly belong to A type granitoids. Biotite, garnet, hornblende-allanite type of granitoids and alaskites are distinguished. According to the conditions of geodynamic formation, biotite granitoids belong to IAG+CAG+CCG and RRG+CEUG/POG, garnet granitoids belong to IAG+CAG+CCG /POG and RRG+CEUG/POG, hornblende-allanite granitoids – to IAG+CAG+CCG and RRG+CEUG /POG, alaskites belong to RRG+CEUG/POG type rocks and they represent upper crustal formations.

**Key words:** granitoids; biotite; garnet; allanite; Khrami massif.

**УДК 550.8****НОВЫЕ ПЕТРО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕВАРИЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ ХРАМСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА****Беридзе Г.М., Маисурадзе Н.И., тедлиашвили К.Т.**

Департамент геологии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77  
 Институт геологии им. Ал. Джанелидзе, ул. Алексидзе, 1/9

**Резюме:** Поздневарийские гранитоиды Храмского массива представлены высокоглиноземистыми известково-щелочными породами и принадлежат главным образом к гранитоидам I типа. Выделяются биотитовые, гранатовые, роговообманково-аланитовые гранитоиды, а также аляскиты. По геодинамическим условиям формирования биотитовые гранитоиды принадлежат к IAG+CAG+CCG и RRG+CEUG/POG, гранатовые гранитоиды к IAG+CAG+CCG/POG и RRG+CEUG/POG, роговообманково-аланитовые к IAG+CAG+CCG и RRG+CEUG/POG, а аляскиты к RRG+CEUG/POG типам пород и представляют верхнекоровые образования.

**Ключевые слова:** гранитоиды; биотит; гранат; аланит; Храми.

*მიღებულია დასაბუჯდად  
6.07.2011*

# ქიმიური ტექნოლოგია და მეტალურგია

უპა 666.1.031

## მინაკერამიკის მისაღებად გამიზნული კომპოზიციების ძველი თერმული დამუშავებისას

ა. სარუხანიშვილი, დ. კოტრიკაძე\*

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: diana.kotrikadze@hotmail.com\*

**რეზიუმე:** კვლევის ობიექტია ტექნოგენური ნედლეულის (მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენები) გამოყენებით მიღებული ორი კომპოზიცია, მონომინერალური პიროქსენული მინაკერამიკის მიღებისათვის გამიზნული. შემოთავაზებულია ამ კომპოზიციებში თერმული დამუშავებისას მიმდინარე პროცესების შედეგად მიღებული პროდუქტების თეორიულად ნავარაუდები ფაზური შედგენილობის შედარება რენტგენოფაზური ანალიზით მიღებულ შედეგებთან. შესაბამისობა მათ შორის დამაკმაყოფილებელია.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპოზიციების მინერალოგიური შედგენილობა; დიფრაქტოგრამა; მულტიმინერალური სისტემა; თერმული ანალიზი.

### 1. შესავალი

ნებისმიერი მულტიმინერალური სისტემიდან მიღებული მინის მიმართული დაკრისტალებით წარმოებული მინაკერამიკა, მათ შორის მონომინერალურიც, გულისხმობს გამოსავალი მინის თერმული წარსულის ისეთ ისტორიას, რომელიც დასახული შედგენილობის ძირითადი წვრილმარცვლოვანი კრისტალური ფაზის გარ-

ბილებამდე გამოყოფას უზრუნველყოფს ტემპერატურული დამუშავებისას. ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის საჭიროა მულტიმინერალური სისტემების მაღალტემპერატურული ქცევის ცოდნა, რის გარეშე ამ სისტემის ჩვენთვის მომგებიანი ამორფული მყარი სხეულად გარდაქმნის წინასწარი პროგნოზირება და მართვა შეუძლებელია.

სწორად რომ ამ მიზნებს ისახავდა ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევა, რომლის ნაწილის შედეგებს წინამდებარე ნაშრომი წარმოაჩენს.

### 2. ძირითადი ნაწილი

კვლევის ობიექტი ჭიათურის ადგილმდებარეობის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენების (მმგნ) გამოყენებით მიღებული ორი კომპოზიციაა. მათი დაპროექტებისას გამოყენებული იყო სხმული ქვების სფეროში აღიარებული ე.წ. „კოტლოვას მეთოდი“, რომლის მიხედვით გამოსავალ კომპლექსურ ნედლეულს (ტექნოგენური ნედლეული, ბუნებრივი ქანი) წინასწარ გარკვეულ დანამატებს უმატებენ ნაღობიდან მონომინერალური სხმულის მისაღებად [1, 2].

ამ მეთოდით მიღებულია ორი კომპოზიცია, რომელთა ოქსიდური და თეორიულად ნავარაუდები მინერალოგიური შედგენილობები 1-ელ ცხრილშია წარმოდგენილი.

ცხრილი 1

კომპოზიციების მინერალოგიური შედგენილობა

კომპ. № და განზომილება	ოქსიდების შედგენილობა						
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO
N1, მას. %	0,33	0,30	0,82	54,83	9,07	2,72	0,19
N1, მოლბ. x 10 <sup>2</sup>	0,16	0,23	0,61	59,31	5,78	1,11	0,18
N2, მას. %	0,30	0,27	0,74	49,17	8,13	9,88	0,17
N2, მოლბ. x 10 <sup>2</sup>	0,15	0,24	0,58	55,49	5,42	4,21	0,17



გაგრძელება

ოქსიდების შედგენილობა							Σ
BaO	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	
0,75	12,77	13,18	1,33	1,61	1,58	0,52	100,00
0,32	11,70	15,27	2,14	1,11	1,66	0,42	1,00
0,67	11,45	11,82	1,19	4,30	1,44	0,47	100,00
0,30	10,97	14,31	2,00	4,71	1,05	0,40	1,00

პეტროქიმიური ანგარიშით და თერმოლინამიკური შეფასებით N1 და N2 კომპოზიციებიდან მათ სრულ გაღებამდე მაღალ ტემპერატურებზე ძირითადად პიროქსენები უნდა წარ-

მოიქმნას. ამ კომპოზიციათა 1123-1473K ინტერვალში დამუშავებით პროდუქტთა ნაგარაუდები ფაზური შედგენილობა მე-2 ცხრილშია ნაჩვენები.

ცხრილი 2

კომპოზიციების მინერალოგიური შედგენილობა, მოლური x10<sup>2</sup>-ში

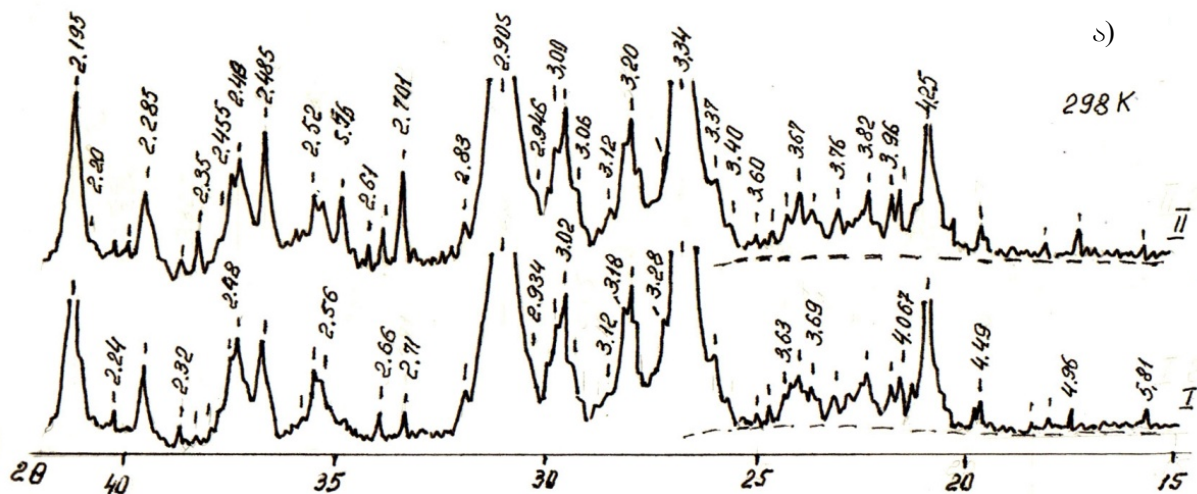
კომპოზიციები	მინერალები											
	Hau	Jad	Ac	K-Ac	CAT	CAS	Jag	CS	FS	BS	MS	Q
N1	1,49	4,05	-	2,71	0,57	9,46	25,53	1,65	0,42	-	5,21	48,91
N2	1,97	5,28	10,80	3,54	0,79	12,39	33,46	2,20	0,56	1,02	6,84	21,15

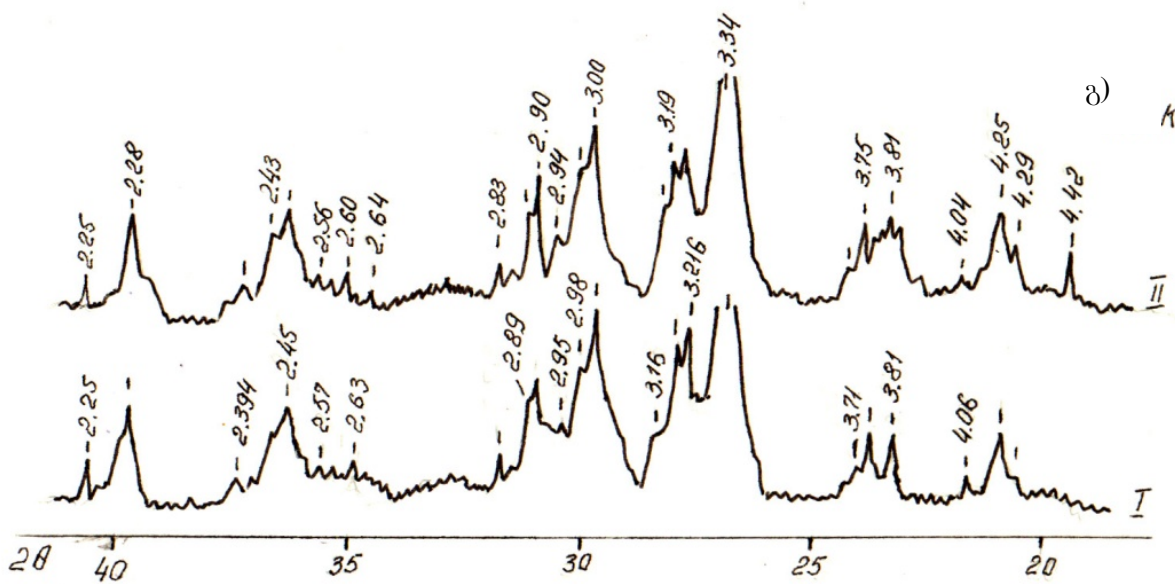
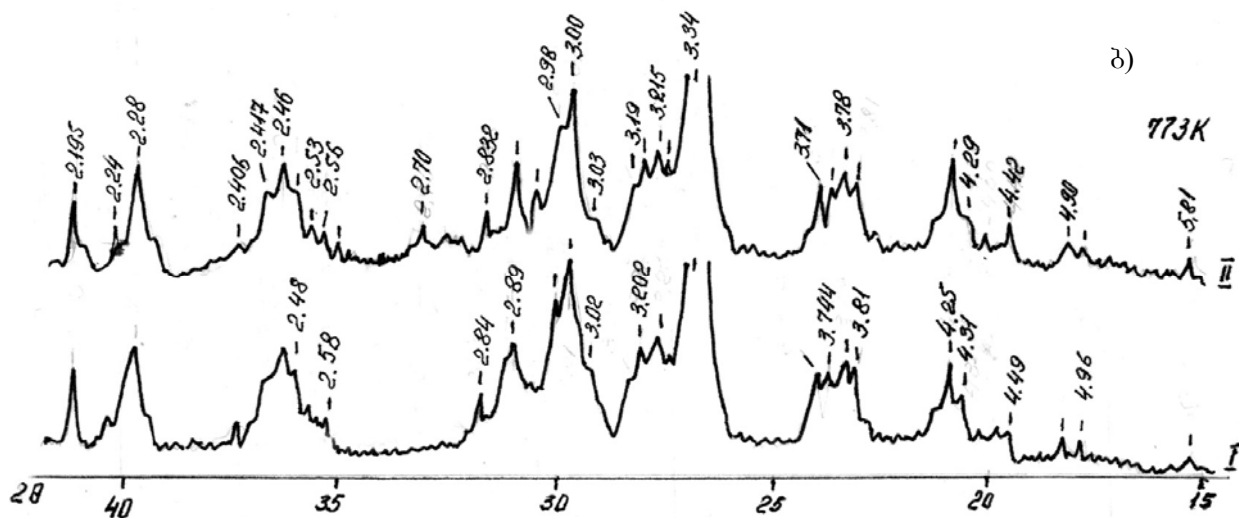
პირობითი აღნიშვნები: Hau – ჰაუსმანიტი, Jad – ჟადეიტი, Ac – აკიტი, K-Ac – K-აკიტი, CAT – CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·TiO<sub>2</sub>, CAS – CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>, Jog – იოჰანსენიტი, Cs – CaO·SiO<sub>2</sub>, Fs – FeO·SiO<sub>2</sub>, BS – BaO·SiO<sub>2</sub>, MS – MgO·SiO<sub>2</sub>, Q – კვარცი.

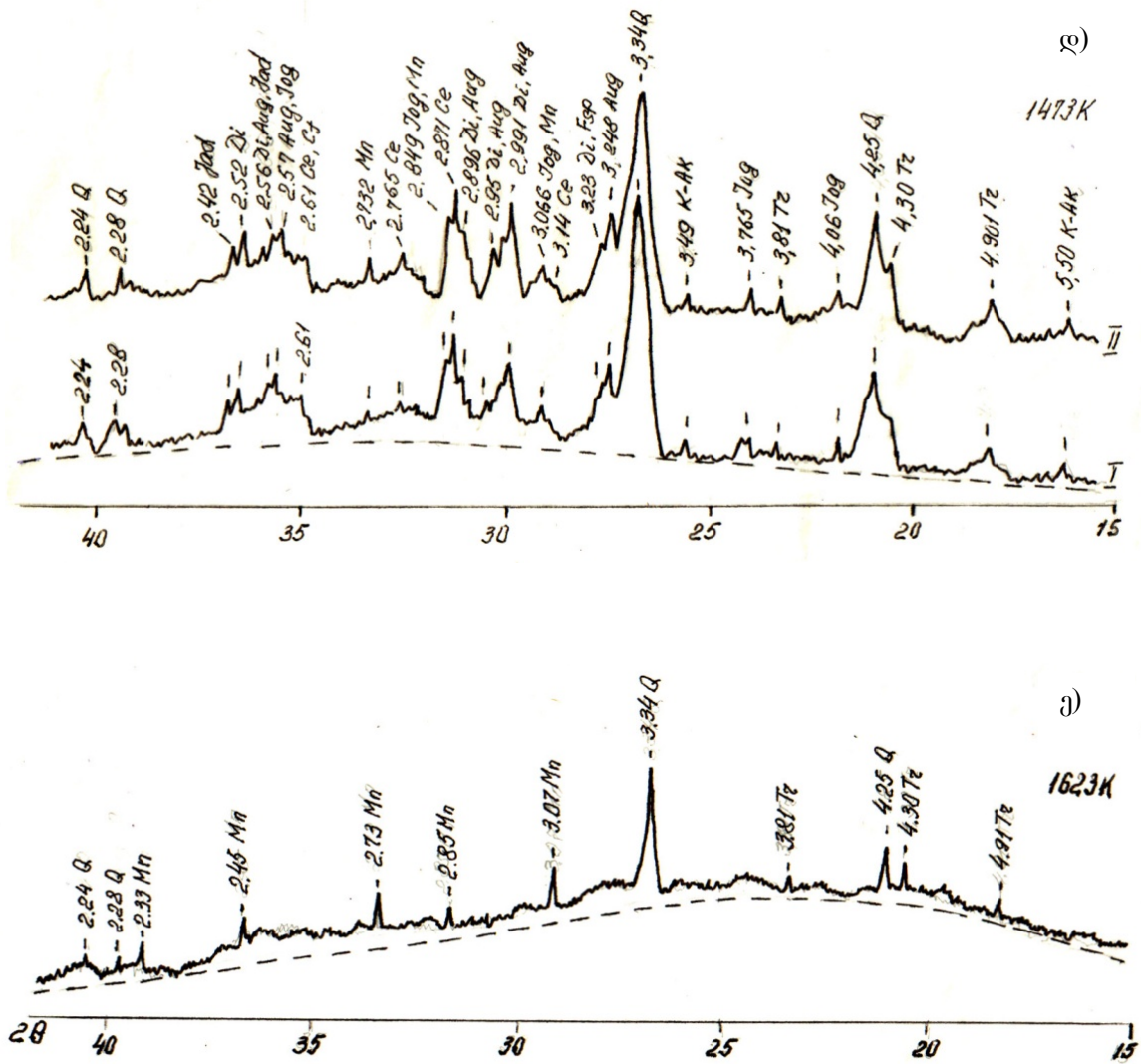
ჩვენ კომპოზიციებში თეორიულად ნაგარაუდები პროცესებისა და ტემპერატურული ზემოქმედებით მიღებული პროდუქტების ფაზური

შედგენილობის დასადგენად რენტგენოფაზური ანალიზის მივმართეთ.

კომპოზიციებისა და მათი თერმული ანალიზით (Q-1500D დერივატოგრაფი) დადგენილ ტემპერატურებზე დამუშავებით მიღებული დიფრაქტოგრამები (საერთო დანიშნულების დიფრაქტომეტრი ДРОН-1,5) მოცემულია ნახაზზე.







ნახ. 1. კომპოზიციებისა და მათი თერმული დამუშავებით მიღებული პროდუქტების დიფრაქტოგრამების ფრაგმენტები  $2\theta$ - $15-41^\circ$ -ინტერვალში

დიფრაქტოგრამაზე არსებული რეფლექსების იდენტიფიკაციისათვის გამოიყენებოდა [3-5] საინფორმაციო წყაროებში არსებული ინფორმაცია.

საწყისი კომპოზიციების დიფრაქტოგრამები (ნახ. 1, ა) შეიცავს  $d_{a/n}$ -ხაზებს, რომლებიც მათში შეყვანილ კომპონენტებს ასახავს. ამ კომპონენტებიდან ერთ-ერთი და ძირითადი მჟგნ-ია, რომელიც 23 მიინერალს (ნაერთს) შეიცავს [6,7]. მათი არსებობა მჟგნ-ში ძირითადად ჭიათურის მადნის ადგილმდებარეობის წარმოშობით, ხოლო დანარჩენი გამდიდრების თავისებურებებითაა გამოწვეული. პირველები აუტოგენური და ალიეტიგენური, ხოლო მეორე მადნის თანმდევი მინერალებია.

პოლიმინერალური ობიექტების დიფრაქტოგრაფიით, როგორც ცნობილია, საიმედოდ მხოლოდ იმ შემადგენელთა იდენტიფიკაციაა შესაძლებელი, რომელთა რაოდენობა აღემატება 4-

5 მას.%. ისიც ცნობილია, რომ მეტად მნიშვნელოვანია მინერალის მარცვალთა გრანულომეტრია – კოლოიდური ზომისა და მასთან მიახლოებული სიდიდის მქონე მარცვლების მქონე მინერალები დიფრაქტოგრამაზე მეტად მცირე ინტენსიურობის რეფლექსებით და „გალოს“ გამოჩენით ხასიათდება. ამ მინერალთა იზომორფიზმის შესაძლებლობის გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ საწყისი კომპოზიციების დიფრაქტოგრამები კარგად რეაგირებს სისტემაში მჟგნ-ში შემავალ უმეტესი ინგრედიენტის არსებობაზე. წყალშემცველი ალუმოსილიკატური  $2\theta$ -ს ძირითადად  $<20^\circ$ -ზე მცირე კუთხეებისას არსებული რეფლექსებითა და გაღლითი მუდგანდება, უწყლო ალუმოსილიკატები (Fsp) –  $2\theta$ -ს  $25-22^\circ$  და  $29-27^\circ$  ინტერვალში არსებულებით, ერთნიშნად  $SiO_2$ -ის არსებობაზე 4,25; 3,34; 2,28; 2,24 და სხვა  $d_{a/n}$ -ხაზები მიგვითითებენ.

კარბონატები, როგორც ჩანს, იზომორფული ხსნარებითაა წარმოდგენილი, რასაც 3,03-2,80-ის, 3,65-3,34-ის, შორის და 2,195  $d_{a/n}$ -ხაზები ადასტურებს. რაც შეეხება მანგანუმის დიოქსიდსა და ჰიდროქსიდებს, მათი არსებობის დასტურად მეტად მცირე ინტენსიურობის 3,12; 2,40 ( $MnO_2$ ); 3,40; 2,66; 2,52; 2,41 ( $Mn^{2+}O \cdot Mn^{4+}O(OH)_2$ ), 3,76; 2,71; 2,34 ( $MnO \cdot OH$ ) რეფლექსები შეიძლება მოვიყვანოთ.

მმგნ-ის გარდა N1 კომპოზიციაში დოლომიტი შეყვანილი, რომლის რენტგენოდიფრაქციური მანკვანებელია [3]-ის მიხედვით  $d_{a/n}$ -ხაზები: 2,88; 2,19; 2,015; 1,785; 1,167 და 1,11. პირველი მათგანი, ყველაზე ინტენსიური დიფრაქტოგრამაზე 2,905 რეფლექსის „მოცულობაშია“. ეს ხაზი მმგნ-ში კარბონატების და ძირითადად „კალციტ-როდოქროზიტის“ მყარი ხსნარის გამოქმენილია და არ არის გასაკვირი დოლომიტის რეფლექსის სიახლოვე დოლომიტის სხვა რეფლექსებთან დიფრაქტოგრამაზე (ნახ. 1ა).

N2 კომპოზიციაში მმგნ-ს გარდა ორი კომპონენტი – ჰემატიტი და კალცინირებული სოდა. პირველი მათგანი დიფრაქტოგრამაზე 4,02; 2,701, ხოლო მეორე 2,61; 2,55; 2,35  $d_{a/n}$ -ხაზებით ფიქსირდება.

773K-ზე დამუშავებით, ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, მიღებული პროდუქტები მსგავს დიფრაქტოგრამებს იძლევა. იცვლება რეფლექსთა ინტენსიურობა და, რიგ შემთხვევაში, ამა თუ იმ შემადგენლის შესაბამისი  $d_{a/n}$ -ხაზების გამოქმენის ფორმა. ამავე დროს, დიფრაქტოგრამაზე წყალშემცველი ალუმოსილიკატების, მანგანუმის დიოქსიდისა და ჰიდროქსიდების, კარბონატების შესაბამისი რეფლექსები ქრება ან ხდება ნაკლებად ინტენსიური (ნახ. 1ბ).

პირველი მოვლენა მეტად შესამჩნევია Fsp-სათვის დამახასიათებელი რეფლექსების ანალიზისას. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ ამ ჯგუფის მინერალთა თანაფარდობებში ცვლილება ხდება – ადრე, თუ მხოლოდ ორი ინტენსიური ხაზი იყო (3,216 და 3,19), 773K-ზე დამუშავების შემდეგ სამია (3,22; 3,215; 3,202).

ჩვენი აზრით, თერმული დამუშავებისას Fsp-ის დიფერენციაცია ხდება და ამის ძირითადი მიზეზი არის 278-778K ინტერვალში მყარფაზა რეაქციების დაწყება კარბონატებსა და წყალშემცველ ალუმოსილიკატებს შორის,  $SiO_2$ -ის მონაწილეობით ან მის გარეშე. ამ ურთიერთქმედების შედეგია უწყლო ალუმოსილიკატების (Fsp-ის

შემდგენელთა) ახალი ულუფის წარმოქმნა. იგი ვერ „ასწრებს“ დამხვედრ მყარ ხსნარებთან ურთიერთქმედებას, რაც მუდამდება რეფლექსთა დაყოფით. ასეთ ვითარებაში წყალშემცველი ალუმოსილიკატებისა და კარბონატების, ნაწილობრივ  $SiO_2$ -ისაც, რეფლექსების ინტენსიურობა უნდა შემცირდეს, რაც ხდება კიდევ.

1-ელ და მე-2 კომპოზიციების თერმული დამუშავებით მიღებულ პროდუქტთა დიფრაქტოგრამებს შორის არ შეიძლება განსხვავებაც არ შევნიშნოთ, მიუხედავად იმისა, რომ მეორე შემთხვევაში რეფლექსების ინტენსიურობა მკვეთრად იზრდება.

ძირითადი განსხვავება იმაშია, რომ  $Fe_2O_3$ -ის დამადასტურებელი  $d_{a/n}$ -ხაზების ინტენსიურობა მკვეთრად მცირდება, ხოლო  $Na_2CO_3$ -ს ხაზები დიფრაქტოგრამაზე აღარ არის. ეს არ შეიძლება არ მიგვითითებდეს მათ შორის ურთიერთქმედების შესაძლებლობაზე მყარფაზა რეაქციების სახით მასში  $SiO_2$ -ის მონაწილეობით, თუმცა კი ნავარაუდევო რეაქციის პროდუქტის შესაბამისი  $d_{a/n}$ -ხაზები დიფრაქტოგრამაზე ჩვენ ვერ აღმოვაჩინეთ.

1173K-ზე დამუშავება 1-ელ და მე-2 კომპოზიციების პროდუქტთა დიფრაქტოგრამების მსგავსებას არ არღვევს. პირიქით, ისინი თითქმის იდენტური ხდება. დისონანსს მხოლოდ 4,42  $d_{a/n}$ -ხაზი ქმნის, თუ არ ჩაეთვლით 6,38 ხაზს, რომელიც ჩვენ მიერ წარმოდგენილი დიფრაქტოგრამის ფრაგმენტის მიღმაა. როგორც ირკვევა, ორივე რეფლექსი აკმითის 8 უმთავრეს  $d_{a/n}$ -ხაზებში შედის (იხ. ცხრ. 3). ამ ნაერთის სხვა ხაზები ზოგადად პიროქსენებისათვისაა დამახასიათებელი. უფრო დაბალ ტემპერატურებზე დაწყებული ურთიერთქმედება, დასრულდა Ac-ის წარმოქმნით.

ორივე კომპოზიციის ძირითადი ფაზებია პიროქსენები, მინდერის შპატები, რომელთა რეფლექსების გამოსახულებამ ორ-ორი მყარი ხსნარის არსებობის შესაძლო ფორმა მიიღო, და კვარცი. კვარცის გარდა, როგორც ჩანს, ტრიდიმითიც უნდა იყოს, რაზედაც 4,29  $d_{a/n}$ -ხაზი მიგვითითებს (ნახ. 1გ).

პიროქსენები სრულად წარმოიქმნება კომპოზიციების დამუშავებისას 1473K-ზე. ამის დასტურის მოსაპოვებლად საკმარისია მე-3 ცხრილში მოყვანილი ინფორმაციის შედარება 1, დ ნახ-ზე წარმოდგენილ დიფრაქტოგრამასთან.



ცხრილი 3

მონოკლინური პიროქსენების რვა უმთავრესი რეგლექსი [5]-ის მიხედვით

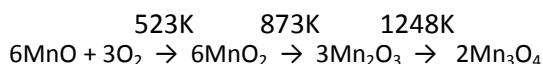
Diopside 11-654 CaO·MgO· ·2SiO <sub>2</sub>	Clinoclitite 35-610 MgO·SiO <sub>2</sub>		Clinoferrinosilite 17-548 FeO·SiO <sub>2</sub>		Jadeite 22-1338 Na <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · ·4SiO <sub>2</sub>		Acmite 31-1309 (Na,Ca)·Fe· (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · calcian		Acmite 34-185 Na <sub>2</sub> O·FeO <sub>3</sub> · ·4SiO <sub>2</sub> ·Syn		Hedenbergite, syn 24-204 Ca(Fe,Mg)· (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·Syn		Hedenbergite, magnesium 25-160 Ca(Fe,Mg)· (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Johannsenite 35-529 CaO·MnO· ·2SiO <sub>2</sub>		Augite, aluminian 24-202 CaO(MgO·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )· ·2SiO <sub>2</sub>		Augite 24-201 CaO(MgO·FeO)· ·2SiO <sub>2</sub>		Augite 24-203 CaO(FeO·MgO)· ·2SiO <sub>2</sub>		
	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	d <sub>syn</sub>	I	
3,23	3	3,28	3	6,47	4	4,29	8	6,38	10	6,37	9	6,55	2	3,25	3	6,63	3	3,25	2	3,23	3	3,23	3
2,99	10	2,98	7	4,61	6	3,10	3	4,41	2	4,42	8	3,27	2	3,00	10	3,05	10	3,00	10	2,99	10	2,99	10
2,95	3	3,17	5	3,23	8	2,92	8	3,27	2	3,19	5	3,00	10	2,97	5	3,03	4	2,96	4	2,96	3	2,95	7
2,89	3	2,87	10	3,03	10	2,83	10	2,98	3	2,98	7	2,58	3	2,89	6	2,62	3	2,90	4	2,90	3	2,57	6
2,57	2	2,54	2	2,91	6	2,42	3	2,48	1	2,47	6	2,54	4	2,57	3	2,57	4	2,57	4	2,56	3	2,52	6
2,53	3	2,46	4	2,60	3	2,49	3	2,12	1	2,15	2	2,15	2	2,53	5	2,55	4	2,53	8	2,55	4	2,13	4
2,52	3	2,12	3	2,48	2	2,07	3	1,64	2	1,66	4	1,64	2	1,63	4	2,18	2	2,14	3	2,13	4	1,63	4
1,63	2	1,61	3	3,35	10	1,57	2	1,73	1	1,73	6	1,77	2	1,64	4	2,04	2	1,63	2	1,49	4	1,42	4
										1,40	5												

პიროქსენების გარდა ამ ტემპერატურაზე მიღებულ პროდუქტებში კვარცი, ტრიდიმიტიცა და მინდვრის შპატების მეტად მცირე რაოდენობაა.

უნდა აღინიშნოს, რომ გალო, სრულად გამქრალი 1173K-ზე, კვლავ ჩნდება, მხოლოდ ადრინდელთან შედარებით იცვლის დიფრაქტოგრამაზე გავრცობის ფარგლებს. ისიც აღსანიშნავია, რომ SiO<sub>2</sub>-ის ოდენობაც მცირდება.

ყველაფერი ეს კომპოზიციაში შემავალ კომპონენტებს შორის უნდა იყოს ურთიერთქმედებათა ინტენსიურობის გაზრდის, ვეტექტიკების წარმოქმნის, რიგი ნაერთის დნობისა და გახსნის მიზეზით გამოწვეული.

1623K-ზე კომპოზიციების დიფრაქტოგრამები იმდენად ერთნაირია, რომ შეიძლება ერთ-ერთი მათგანის მოყვანა (ნახ. 1,ე). ამ ტემპერატურაზე ნაღობის ოდენობა ჩვენი შეფასებით 85-90%-ს შეადგენს. მასში ნარჩენი კვარცის, ტრიდიმიტის და ჰაუსმანიტის კრისტალური ჩანარებია. ჰაუსმანიტის რეფლექსები უკვე 1473K-ზე ჩნდება. როგორც ჩანს, მათი გამოჩენა ორ მომენტთანაა დაკავშირებული. პირველი, მისი არსებობა თვით საწყის კომპოზიციებში და იმის გამო, რომ ამ ნაერთის ოდენობა 2 მას%-ზე ნაკლები იყო, დიფრაქტოგრამა მისთვის დამახასიათებელ ხაზებს ვერ აფიქსირებდა. მეორე, შეიძლება დაეშვათ, ნაწილი მანგანუმის ოქსიდების გარდაქმნათა შედეგთან უნდა იყოს დაკავშირებული. ასეთი მოვლენის შესაძლებლობაზე [9]-ში მოყვანილი გარდაქმნების მწკრივიც მეტყველებს:



Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (2Mn<sup>2+</sup>Mn<sup>4+</sup>O<sub>4</sub>)-ის ოდენობა მიაღწევს რა დიფრაქტოგრაფისათვის საკმარის ოდენობას, საკმაოდ მკვეთრად ამჟღავნებს თავის არსებობას შესაბამისი რეფლექსების გამოჩენით.

ნარჩენი კრისტალური ფაზების ნაწილაკები ტემპერატურის ~50K-ით აწვევისას ან 1623K-ზე ხანგრძლივად დაყოვნებისას, როგორც ამას მინის თეორია და პრაქტიკა გვიჩვენებს (მაგა-

ლითად, [8]), სრულად გაიხსნება ნაღობში და მიიღება გაცივების შემდეგ მინამასალა გარკვეული ხარისხის არაერთგვაროვნებით. ის თურა ხარისხის მიკროარაერთგვაროვნებაა საჭირო მინაკერამიკის მისაღებად, მომდევნო კვლევის ობიექტი გახდება.

### 3. დასკვნა

დასასრულ შეიძლება შემდეგი დასკვნების გამოტანა: თეორიულად ნავარაუდვეი ფაზური შედგენილობა კარგ შესაბამისობაშია რენტგენო-ფაზური ანალიზით მიღებულ შედეგებთან.

### ლიტერატურა

1. Котлова Н.Г., Лапин В.В., Цветков А.И. К вопросу о получении мономинерального каменного литья. В кн: проблемы каменного литья. Киев: АН УССР, 1963, с. 32-40.
2. Саруханишвили А.В., Галуашвили Ж.С. Термодинамическая оценка возможности выделения кристаллических фаз при ситаллизации.- В сб. научн. трудов "Катализируемая кристаллизация стекла". М.: ГИС, 1986, с. 146-149.
3. Фекличев В.Г. Диагностические спектры минералов. М.: Недра, 1977. – 288с.
4. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Недра, 1957. – 868с.
5. ASTM. Powder Diffraction File. USA, Pennsylvania. JCPOS, 1985.
6. დ. კოტრიკაძე, ნ. რაჭველიშვილი. ჭიათურის მანგანუმის მადნის გამდიდრების ნარჩენების რიგი თავისებურებანი. საერთ. სამეცნ-ტექნ. კონფ. „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ შრომები. თბ., ტუ, 2010, გვ. 86-88.
7. Авалиани Г.В. Марганцевые месторождения Грузии. М.: Наука, 1982. – 170с.
8. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. М.: Мир, 2006. – 288с.
9. Рилан Р., Четяну И. Неорганическая химия. М., 1972.

UDC 666.1.031

## CONDUCT DURING THERMAL TREATMENT OF COMPOSITIONS DESTINED FOR RECEIPT OF GLASS CERAMICS

A. Sarukhanishvili, D. Kotrikadze

Department of chemical and biological technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** Subject of research are compositions received by use of technogenic raw materials (manganese ore washery refuse) for receipt of monomineral pyroxene glass ceramics.

Phase compositions of products of compositions' thermal treating are theoretically assumed and checked by X-ray phase analysis. There is determined satisfactory fitness between supposed phase compositions and results of X-ray phase analysis.

**Key words:** mineralogical structure of compositions; diffractogram; multimineral system; thermal analysis.

УДК 666.1.031

## ПОВЕДЕНИЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОМПОЗИЦИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛОКЕРАМИКИ

Сарухანიшвили А.В., Котрикадзе Д.Г.

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Объектом исследования являются композиции, полученные использованием техногенного сырья (отходы обогащения марганцевой руды) для получения мономинеральной пироксеновой стеклокерамики.

Теоретически предложены и проверены рентгенофазным анализом фазовые составы продуктов термообработки композиций. Установлено удовлетворительное соответствие предполагаемых фазовых составов с результатами рентгенофазного анализа.

**Ключевые слова:** минеральный состав композиций; дифрактограмма; мультиминеральная система; термический анализ.

მიღებულია დასაბეჭდად  
24.10.2011

შპს 502.7

## ეკოლოგიური პროცესების მათემატიკური მოდელირების ალგორითმული უზრუნველყოფა

შ. ანდგულაძე\*, ა. ცინცაძე\*\*, ნ. ანდგულაძე\*\*\*

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანია/

E-mail: shalvaandguladze@yahoo.com\*; aliko123@yahoo.com\*\*; Andguladze.Nikoloz@gmail.com\*\*\*

**რეზიუმე:** სტატიაში თეორიულად ფორმულირებულია პრაქტიკული გამოყენების მაგალითები, რომლებიც მათემატიკური მოდელირების აპარატის არჩევისას სრულიად ადასტურებს სტატიაში ჩამოთვლილი კრიტერიუმების ვარგისიანობას და ეფექტურობას.

**საკვანძო სიტყვები:** მოდელირება; მათემატიკური მოდელირება; იდენტიფიკაცია; ალგორითმი;

პარამეტრიზაცია; ადაპტიური ალგორითმი.

### 1. შესავალი

სამეცნიერო ტექნიკური პროგრესი, საზოგადოებრივი წარმოების ზრდა, ტექნიკური სისტემების გართულება და ტექნოლოგიური პროცესების დაჩქარება იწვევდა და იწვევს ეკოლოგიური ნაკადების პროგრესულ ზრდას. ინფორმა-

ციულმა მოჭარბებამ და გაჯერებამ თავისი კვალი დაამჩნია გადაწყვეტილების მიღების (ავარიული სიტუაციების ამოცნობის, ეკოლოგიური სიტუაციის ოპერატიული და სტრატეგიული პროგნოზის, მისაღებ ღონისძიებათა დაგეგმვის, მართვის, სიტუაციის ანალიზისა და შეფასების) ხარისხსა და მისი შესრულების ოპერატიულობას. ამ ნაკადების შეფასება, ანალიზისა და ორგანიზაციის გარეშე შეუძლებელია გადაწყვეტის ნებისმიერი ეკოლოგიური საკვლევი ობიექტის მოდელირებისა და აქედან გამომდინარე მისი ეფექტური მართვის, ავარიულ სიტუაციათა თავიდან აცილების და პროგნოზის პრობლემა[1].

დამატებით, გაზრდილ წინააღმდეგობას ქმნის თანამედროვე ურთულეს, ეკოლოგიურად საფრთხის შემცველი ტექნოლოგიური პროცესების შესახებ არასრული ინფორმაცია და მათი არასტაციონარულობა, ეკოლოგიური სისუფთავისადმი წაყენებული მოთხოვნების განუხრელი ზრდა, პროგნოზისა და ავარიული სიტუაციების ტექნიკური სისტემების დროის რეალურ მასშტაბში მუშაობის აუცილებლობა და ა.შ. ასეთი დონის განზოგადებული ამოცანების გადაწყვეტა ითხოვს ტექნიკურ საშუალებათა სრულყოფას. ამდენად, წინა საუკუნის დასასრულს აქცენტობდა ამ უკანასკნელი პრობლემის გადაწყვეტაზე იყო გამახვილებული და სწორედ იგი იპყრობდა გამოყენებითი კიბერნეტიკის თეორეტიკოსთა ყურადღებას. უკანასკნელ ხანებში ტექნიკური უზრუნველყოფის მიღწეულმა დონემ დასმულ პრობლემათა დღევანდელობის მისაღები სიზუსტით გადაწყვეტის შესაძლებლობა შექმნა. ამდენად, ძირითადი ყურადღება სისტემების თეორიულ, მეთოდოლოგიურ საფუძველზე გადავიდა, ანუ მათემატიკურ უზრუნველყოფაზე, რომელიც განსაზღვრავს კიდევ სისტემის ეფექტურობასა და ღირებულებას. აქედან, ბუნებრივია დავასკვნათ, რომ მეცნიერული კვლევის თეორიულ-მეთოდოლოგიური, ფუნდამენტური, მათემატიკური უზრუნველყოფის საფუძველები თვისობრივად ახალი დონის მოთხოვნებს უნდა პასუხობდნენ.

ამგვარად, კვლევის ანუ სამოდელირო ობიექტი არასტაციონალური, რთული შემთხვევითი პროცესების მომცველი, გარეგნულად ინტენსიური ინფორმაციული მატარებელი ეკოლოგიური ობიექტია. კვლევის ამოცანა კი – ამ ურთულეს ობიექტში მიმდინარე პროცესების მათემატიკური აღწერა-ანალიზის ალგორითმული აპარატის შერჩევა.

მოთხოვნები, რომელიც ამ ამოცანის გადაწყვეტისას დაცული უნდა იქნეს, პირველ რიგში გარემოზე მინიმალური ზემოქმედებიდან გამომდინარეობს. ობიექტის მეცნიერული კვლევის, წვდომის და შემეცნების მეთოდოლოგიური საფუძველი თანამედროვე ალბათობის თეორიასა და მათემატიკურ სტატისტიკას დაფუძნებული მოდელირების თეორიაა, სადაც კიდევ უნდა ვე-

ძებოთ ეკოლოგიური პროცესების აღწერაში გამოხადევი მათემატიკური აპარატი.

## 2. ძირითადი ნაწილი

მათემატიკური მოდელირება მოდელირების ერთ-ერთი უახლესი მიმართულებაა. იგი საშუალებას იძლევა ობიექტის ნორმალური ფუნქციონირებისას ობიექტის შესავალი და გამოსავალ სიდიდეთა ცოდნით, ფორმალურად, მათემატიკურად აღვწეროთ მათ შორის კავშირი. ფაქტობრივად, ობიექტი წარმოდგენილია, როგორც შეუღწევადი ე.წ. „შავი ყუთი“, რომლის შესახებაც მხოლოდ აღმშფოთი ზეკმედებები (შესავალი სიდიდეები) და მისი რეაქცია (გამოსავალი სიდიდე) არის ცნობილი. მათემატიკური მოდელირება მიზნად არ ისახავს ამ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის ანალიზს, არამედ კმაყოფილება მისი მხოლოდ და მხოლოდ რაოდენობრივი მხარის ფორმალური ურთიერთკავშირების შეფარდებით. ტექნიკური კიბერნეტიკის ეს მიმართულება თანამედროვე ფილოსოფიის ერთი განშტოების – ბიჰევიორიზმის საფუძველზეა წარმოშობილი. ბიჰევიორიზმი მიზნად ისახავდა ცოცხალი ორგანიზმების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების შეფასებას, რათა ამ საფუძველზე შემდგომ პროგნოზი გაეკეთებინა, გამოეცნო ახალ გაღიზიანებაზე ცოცხალი ორგანიზმის რეაქცია. ფაქტობრივად, ეს ორთოდოქსალური იდეალიზმის მიმართულება ცოცხალი ორგანიზმების (და მათ შორის ადამიანის) მართვისთვის იყო გამოიხვეტილი. ფილოსოფიაში სწრაფად აღმოჩნდა ამ მიმართულების და მისი მიდგომის მცდარობა, მაგრამ კიბერნეტიკაში მთელი სისრულით წარმოჩნდა, რომ ე.წ. „შავი ყუთის“ მეთოდი წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ობიექტში მიმდინარე პროცესთა რაოდენობრივი კავშირების დახასიათებისთვის. თუ გარკვეული, წინასწარ არსებული სტატისტიკის საფუძველზე შეფასებულია ობიექტის რაოდენობრივი კავშირები, საშუალება გვაქვს ყოველი ახალი ზეკმედებისათვის

„ვიწინასწარმეტყველოთ“ ობიექტის რეაქცია, რაც შემდგომი დაგეგმვის და მართვის საფუძველად შეიძლება იქცეს.

დღესდღეობით მათემატიკურ მოდელირებაში გამოყენებული მრავალი მეთოდი ან ალგორითმი სრულად ვერ აკმაყოფილებს თანამედროვე მოთხოვნებს. მნიშვნელობა არა აქვს სად იქნება მოდელირების მათემატიკური აპარატი გამოყენებული: ტექნიკური სისტემების მართვაში, ეკოლოგიური პროცესების ამოცნობა-პროგნოზირებაში თუ მეცნიერების ჰუმანიტარულ-ტექნიკურ სფეროში, მისდამი წაყენებული მოთხოვნა იგივე რჩება – მაქსიმალური ეფექტურობა და ეკოლოგიური სისუფთავე.

მათემატიკური უზრუნველყოფის განვითარების დღევანდელი დონე დიდი არჩევანის შე-



საძლებლობას იძლევა. მაგრამ აქ ერთი, თითქოსდა უმნიშვნელო მომენტი გასათვალისწინებელი და ყურადღება მისაქცევი. ტექნოლოგიურ პროცესებთან შედარებით ილუზია იქმნება, რომ გაცილებით არააქტუალურია ტექნოლოგიური სისტემების ფუნქციონირებით, მით უმეტეს მისი მათემატიკური აპარატით წარმოქმნილი ეკოლოგიური საფრთხე. დეტალური ანალიზი კი საპირისპირო სურათს იძლევა. ტექნიკური სისტემები, როგორც ავტომატიზაციის სხვა მდგენელები ზრდის სიცოცხლის ტემპს, ადამიანურ-მანქანურ სისტემებში ინდივიდის დატვირთვას. როგორც „იფაკ“-ის 35 წლისთავისადმი მიძღვნილ კოლოქიუმზე აღინიშნა[2]: „ეს არის ბიოსფეროს რიტმში ჩარევა, რომ არაფერი ვთქვათ გარემოს გაჭუჭყიანებაზე. თავის მხრივ, ბიოსფერო უკუკავშირის საფუძველზე მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, იწვევს დაავადებათა მნიშვნელოვან ზრდას“. იქმნება პარადოქსალური სიტუაცია: ეკოლოგიური საფრთხის თავიდან აცილების ტექნიკური სისტემა, თვითონვე შეიძლება აღმოჩნდეს ეკოლოგიური საფრთხის მატარებელი. გამოსავალი – ისეთი მათემატიკური აპარატის შერჩევაა, რომლის საფუძველზე აგებული ტექნიკური სისტემა ორგანულად ჩაეწერება გარემოს ნორმალურ რიტმში, შეერწყმის მას და არ გამოიწვევს შინაგანი, ზოგჯერ უხილავი ბიორითმების ართიმias. ასეთი პირობების დაკმაყოფილების აუცილებლობა საკმაოდ ამცირებს გამოსადეგი მათემატიკური აპარატის ასარჩევ სიმრავლეს. როგორც აღმოჩნდა, საუკეთესო არჩევანი მათემატიკური აპარატისა და ბიოსისტემის ქმედების ალგორითმების ადეკვატურობაშია საძიებელი. როგორც საძებნ მათემატიკურ უზრუნველყოფას, ისე ბიოსისტემის მუშაობას პირობებიცა და წაყენებული მოთხოვნებიც ანალოგიური აქვთ. აქედან გამომდინარე, შერჩეული მოდელირების ალგორითმები ცოცხალი ორგანიზმების იმ უმთავრესი თვისებებს უნდა „იმორებდეს“, რომლებიც რეალურ პირობებში ეკოლოგიურად სუფთად მუშაობის პირობებს დააკმაყოფილებს:

– ადაპტაცია;

– განსწავლადობა;

– ცდომილებათა თვითკორექტირება.

ადაპტაციის თვისება ობიექტის ცვალებად მახასიათებლებთან შეგუებას უზრუნველყოფს.

განსწავლადობა – მიმდინარე ინფორმაციის გადამუშავებასა და გადაწყვეტილებათა თანამიმდევრულ, იტერაციულად მიღწევას.

ცდომილებათა თვითკორექტირება კი – დაშვებული ცდომილებების ელიმინირებას.

სწორედ ეს ჩამონათვალი განსაზღვრავს ეკოლოგიური ობიექტის მოდელირების მათემატიკური აპარატისადმი წაყენებულ კრიტერიუმებს.

კიბერნეტიკული თვალსაზრისით მოდელირების პრობლემა მოიცავს სახეთა ამოცნობის, იდენტიფიკაციის, სრული იდენტიფიკაციის და

პროგნოზის ქვეამოცანებს. ბიოსისტემა ცირითადად არაცნობიერ დონეზე მუდმივად წყვეტდა და წყვეტს ჩამოთვლილ ამოცანებს. ცოდნა და გამოცდილება ბუნებაში არსებული კანონზომიერებების შესახებ შეიძინება არა მხოლოდ წინასწარარსებული (აპრიორული) დონის ათვისებით, არამედ შეითვისება და კორექტირდება ინფორმაციული ნაკადების მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზით. ამ კანონებსა და კანონზომიერებებზე დაყრდნობით, არსებული სიტუაციის (აწმყოს) გათვალისწინებით ცოცხალ ორგანიზმებს შეუძლიათ, ამა თუ იმ სიზუსტით მომავლის მოდელირება და რეალობასთან განსხვავების (განთანხმების) შესაბამისად თავისი ქმედების კორექტირება. მაღალგანვითარებულ ბიოსისტემას ძალუძს მოახდინოს სიტუაციებისა და ობიექტების კლასიფიკაცია, ანუ კიბერნეტიკული გაგებით წყვეტს სახეთა ამოცნობის ამოცანას. შეუძლია გარკვეულ დონეზე პროცესის მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზით ობიექტის შიგა კანონზომიერების შეფასება, კიბერნეტიკული გაგებით – იდენტიფიკაცია და მასზე დაყრდნობით პროცესის ან მოვლენის განვითარების პროგნოზი. ამგვარად, მაღალგანვითარებულ ბიოსისტემას აქვს მოდელირების ბუნებრივად თანდაყოლილი თვისებები და ის ევოლუციამ შექმნა. მუტაციის პროცესში სტრუქტურის, თვისებებისა და შესაძლებლობების ნორმიდან გადახრისას ფიქსირდება და მემკვიდრეობაში თანამიმდევრულად გადადის ხელსაყრელი ცვლილებები, რომლებიც ზრდის ბიოსისტემის სიცოცხლისუნარიანობას. თუ მუტაციის დროს წარმოიშვა თუნდაც სულ მცირე პროგრესი, ორგანიზმი გამოიყენებს მას და სრულყოფს შემდგომი ევოლუციის პროცესში. ბიოსისტემა აღქმის და წინხედვის უკეთესი შესაძლებლობებით შეძლებს უკეთესად შეიცნოს აწმყო, წინასწარ განჭვრიტოს მომავლის სიტუაციები, ალღო აუღოს მას და შეეგუოს (ადაპტირება მოახდინოს). დანარჩენ თანაბარ პირობებში, ევოლუციის აღმავალ კიბეზე იმარჯვებს ის, ვისი მოდელიც უკეთესია, ე.ი. ვინც უკეთესად წყვეტს ზემოდასმულ ამოცანებს და განსაზღვრავს მომავალს.

საზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ ამოცანას ბიოსისტემა დროის რეალურ მასშტაბში წყვეტს. როგორც აღმოჩნდა, იმდენად ურთიერთდაკავშირებულია ეს ამოცანები, რომ ძნელდება მათი განმხოლოება (მათემატიკური თვალსაზრისითაც კი) და ბიოსისტემას მხოლოდ კომპლექსში, ერთი და იგივე მექანიზმით (ალგორითმით) მათი გადაწყვეტის შესაძლებლობა რჩება. ამ ვარაუდს დასმულ ამოცანათა დიალექტიკური ერთიანობა ამყარებს. სწორედ ზემოთ აღწერილმა ლოგიკამ განსაზღვრა ეკოლოგიურ სისტემებში გამოსადეგი მათემატიკური აპარატის არჩევა – ეს ე.წ. ადაპტიური, განსწავლადი ალგორითმების კლასია. ასეთი ალგორითმები თითქოს წინასწარ გამოიზ-

ნულად, მათემატიკურად სრულად იმეორებენ ბიოსისტემის ზემონამოთვლილ თვისებებს. მათ გააჩნიათ:

–ობიექტის ნორმალურ ფუნქციონირებაში ჩაურევლად მუშაობის თვისება;

–ეკოლოგიური სისუფთავე, ანუ გარემოს (ანტროპომორფულ) რიტმში, დროის რეალურ მასშტაბში მუშაობის უნარი;

–ადაპტაცია, ანუ ობიექტის ცვლად მახასიათებლებთან შეგუების თვისება;

–განსწავლადობა, მიმდინარე ინფორმაციის იტერაციული, თანმიმდევრული გადამუშავების თვისება;

–ცდომილებათა თვითკორექტირების უნარი.

კიბერნეტიკული გაგებით მათი გამოყენებით წყდება, როგორც პარამეტრიზაციის, ისე სახეთა ამოცნობის, სტატისტიკური ანალიზის, ფაქტორული ანალიზის ამოცანები ანუ სრული მათემატიკური მოდელირების ყველა ზემონამოთვლილი ამოცანა[3]. სწორედ ასეთი ალგორითმების კლასი გვესახება თანამედროვე ეკოლოგიური ტექნიკური და ტექნოლოგიური სისტემების მა-

თემატიკური უზრუნველყოფის მეთოდოლოგიის საფუძვლად.

### 3. დასკვნა

პრაქტიკული გამოყენების მაგალითებმა მათემატიკური მოდელირების აპარატის არჩევისას სრულად დაადასტურა ზემონამოთვლილი კრიტერიუმების ვარგისიანობა და ეფექტურობა.

### ლიტერატურა

1. შ. ანდღულაძე, ა. ცინცაძე, ა. ჭანკოტაძე და სხვ. ეკოლოგიური ობიექტების მოდელირება ალგორითმთა კოლექტივებით. საქართველოს ქიმიური ჯურნალი, ტ. 9, №2, 2009, გვ. 183-185.
2. ა.ცინცაძე, ალგორითმთა კოლექტივები მათემატიკური მოდელირების ამოცანებში. „გლობალ-პრინტი“, 2001.
3. ა.ცინცაძე, სრული იდენტიფიკაციის ადაპტიური ალგორითმები. „გლობალ-პრინტი“, 1998.

## UDC 502.7

### MATHEMATICAL MODELLING OF ECOLOGICAL PROCESSES BY MEANS OF ALGORITHM

Sh. Andguladze, A. Tsintsadze, N. Andguladze

Department of chemical and biological technologies, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are formulated the selective criteria of mathematical device for prevention of ecological hazards in technical systems. There are selected the well-known algorithms of teaching adaptive identification in cybernetics.

**Key words:** mathematical modelling; algorithm; mathematical guaranteeing; adaptive identification.

## УДК 502.7

### АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Андгуладзе Ш.Н., Цинцадзе А.В., Андгуладзе Н.Ш.

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Теоретически сформулированы выборочные критерии математического аппарата для предотвращения экологической опасности в технических системах. Подобраны известные в кибернетике алгоритмы обучения адаптивной идентификации.

**Ключевые слова:** математическое моделирование; алгоритм; математическое обеспечение; адаптивная идентификация.

მიღებულია დასაბუჯლად  
24.10.2011

## ინფორმატიკა, მართვის სისტემები

### უბი 681.3

### ცოდნის ათვისების ორბანიზაციისა და მართვის ინფორმაციული მოდელი

ზ. ყიფშიძე, ა. ჩაღუნელი, გ. ანანიაშვილი

გამოთვლითი სისტემების და ქსელების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: mari-gam@mail.ru

**რეზიუმე:** შემოთავაზებული დინამიკური ქსელური მოდელი თანაბარი სიზუსტით აკონტროლებს როგორც მოსწავლეს, ისე მასწავლებელს, ამრიგად ეს უპირატესობად უნდა ჩაითვალოს და სწავლების სხვა მოდელებთან შედარებით, რომლებიც ვერ უზრუნველყოფენ ერთდროულად მასწავლებლების კონტროლსაც. უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი მოდელი გამარტივდება იმ შემთხვევაში თუ მოწოდებისა და მოთხოვნების ფუნქციების აგებისათვის საჭირო მონაცემები მოცემული იქნება რიცხვითი სახით, როგორც ერთი საქონლის ბაზრის პირობებში.

**საკვანძო სიტყვები:** დინამიკური ქსელური მოდელი; ცოდნის ათვისების პროცესი; სტატისტიკური ანალიზის პროცესი; ზუსტი კონტროლი.

### 1. შესავალი

კაცობრიობის მრავალსაუკუნოვანი ისტორია იმაზე მეტყველებს, რომ ინფორმაციის დაგროვებისა და ცოდნის შექმნის პრობლემა პრიორიტეტულად ითვლებოდა ადამიანთა საზოგადოების განვითარების ყველა ეტაპზე. ამდენად, ეჭვს არ უნდა იწვევდეს ის გარემოება, რომ სწავლების პროცესში დიდი როლი ენიჭება ცოდნის ათვისების ორბანიზაციისა და მართვის საკითხს. იმავდროულად მნიშვნელოვანია სასწავლო პროგრამის ისეთი ფორმით შედგენა და შემდეგ შესაბამისი საკითხის მიწოდება მსმენელისათვის, რომ ასახსნელი მასალა გასაგები იყოს როგორც სუსტი, ისე ძლიერი მოსწავლისათვის.

იმ შემთხვევაში, როდესაც აუდიტორია “ჭრელია” და სხვადასხვა დონის მომზადების მქონე მსმენელთაგან შედგება, სასწავლო პროგრამის მართვის ხისტი ფორმით მიწოდება ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს ცოდნის ათვისების მაღალ ხარისხს. ამიტომ, საჭიროა პროგრამის ისეთი სახით ჩამოყალიბება და მსმენელისათვის შეთავაზება, რომ შესაძლებელი გახდეს ინფორმაციის ათვისება ყველა კატეგორიის მოსწავლეთათვის. ამასთან, იგულისხმება დინამიკურად შედგენილი პროგრამა, რომელიც ადაპტირებულია მსმენელთა კონკრეტულ აუდიტორიაზე.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ სწავლების ასეთი ფორმით ორბანიზაციის შემთხვევაში იზრდება მასწავლებლის დატვირთვა, რათა მან თუნდაც გაზრდილი დოზით, პროგრამა გახადოს დასაძლევად ყველასათვის. ამ გარემოების გათვალისწინებით შემოთავაზებულია სწავლების ახალი, დინამიკური ქსელური მოდელი [1], რომელიც დიდ დახმარებას გაუწევს ცოდნის ათვისების ხარისხის ამაღლებაში როგორც მასწავლებელს, ისე მსმენელსაც.

წარმოდგენილი მოდელის საშუალებით შესაძლებელია, აგრეთვე, თანაბარი წარმატებით გააკონტროლდეს როგორც მოსწავლის, ისე პედაგოგის საქმიანობა. სწავლების პროცესს საფუძვლად უდევს ერთი საქონლის ბაზრის უნივერსალური მოდელი [1], რომელიც არსებითად ასახავს ორი დაპირისპირებული მხარის ოპტიმალურ გარიგებას. ამ კონტექსტში განიხილება ნაშრომში მოსწავლე-მასწავლებლის ურთიერთობა ანუ არაანტაგონისტური დაპირისპირება.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ცოდნის ათვისების პროცესის განხილვა ლოგიკურად მოითხოვს თვით ცოდნის ცნების განმარტებას, რომელსაც ჩვენი აზრით დღემდე არ აქვს ადეკვატური განსაზღვრება. უფრო ზუსტი დეფინიციის არსებობა თავის მხრივ ხელს შეუწყობს ცოდნის ათვისების მოდელის სრულყოფას.

ჩვენი თვალსაზრისით ცოდნა არის ყველა სახის ორბანიზებული (სტრუქტურირებული) ინფორმაციის ერთობლიობა, რომლის განუსაზღვრელობა ანუ ენტროპია მინიმალურია, ხოლო განსაზღვრელობა ესე იგი ნეგაენტროპია კი მაქსიმალური, რის საფუძველზეც შესაძლებელია გონივრული მუშაობის შესრულება.

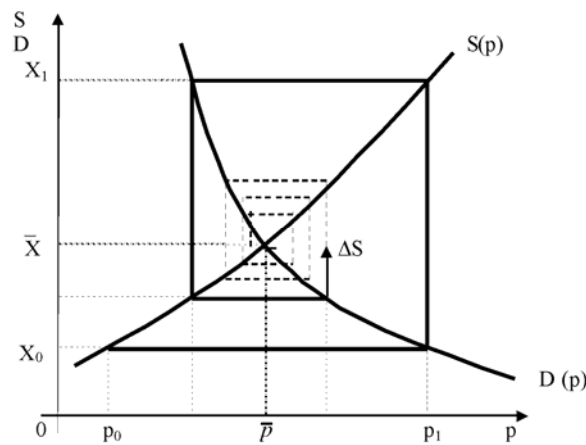
ერთი საქონლის ბაზრის ინფორმაციული მოდელის ანალოგიურად, სადაც  $S(p)$  და  $D(p)$  შესაბამისად საქონლის მიწოდებისა და მასზე მოთხოვნის ამსახველი ფუნქციებია, ხოლო  $p$  არგუმენტი არის საქონლის ფასი, აიგება

ცოდნის ათვისების მოდელი. მართლაც, სწავლების პროცესის მოდელირების შემთხვევაში  $S(p)$  და  $D(p)$  ცოდნის მიწოდებისა და მოთხოვნის ფუნქციებია,  $p$  კი ცოდნის ათვისების ხარისხის მანკენებელი გამოსახული ქულებით. აღნიშნული მრუდები აიგება სასწავლო სივრცის ანუ სასწავლო პროცესის სტატისტიკური ანალიზის ე.ი. მოსწავლეთა ჯგუფებზე დაკვირვების, შესწავლის შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე და უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით.

ამასთან,  $S(p)$  – მიწოდების ფუნქცია აიგება ერთი ინტერვალის დაყოფებით, ხოლო მრუდების გადაკვეთის  $Q$  წერტილის შესაბამისი ცოდ-

ნის ათვისების  $\bar{p}$  მნიშვნელობა – არის ოპტიმალური. ამ წერტილში  $D(P_i)=S(P_{i+1})$ , რაც ნიშნავს იმას, რომ სწავლების პროცესში მიწოდებული ცოდნის ათვისება ხდება სრულად, თუმცა შეუძლებელია იმის თქმა მაქსიმალურია თუ არა ცოდნის ათვისება ქულების რაოდენობის თვალსაზრისით.

როგორც უკვე აღინიშნა ზემოთ, შესავალ ნაწილში, ჩვენ ვიყენებთ სასწავლო პროგრამასთან ადაპტირებულ ქსელურ, დინამიკურ მოდელს (ნახ.1).



ნახ. 1

თავდაპირველად (საწყის ეტაპზე) სასწავლო ინფორმაცია მასწავლებლის მიერ მსმენელს ანუ მოსწავლეს, ისეთი ფორმით და რაოდენობით მიეწოდება რომ ყველა მოსწავლისათვის შესაძლებელი იყოს მისი ათვისება მაღალი ხარისხით გამოხატული ქულების საშუალებით. დროის მომდევნო მონაკვეთში მიწოდებული მასალა თანდათან რთულდება, იზრდება მისი მოცულობა და ცოდნის ათვისების პროცესში, უკუკავშირის რგოლის ჩართვით, მივალწევთ პროგრამით გათვალისწინებული ინფორმაციის ოპტიმალურ ათვისებას. ამის შემდეგ, ხდება ცოდნის ათვისების სტატისტიკურ მოდელზე გადასვლა. მოცემული გრაფიკიდან გამომდინარე (ნახ.1) მივანიშნებთ  $X_1$  – ცოდნის იმ მცირე რაოდენობას, რომელიც მასწავლებელს დასჭირდება მიაწოდოს მოსწავლეს სასწავლო მასალის მაღალი ხარისხით ათვისებისათვის. მაგალითად,  $P_1$  – დონეზე ცოდნის ათვისებისათვის, მასწავლებელს დასჭირდება დამატებით მიაწოდოს მოსწავლეს  $\Delta S$  რაოდენობის სასწავლო მასალა, რომელიც დააკლდა ჯგუფს სუსტი მოსწავლეების გამო.

ამდენად, როგორც აღინიშნეთ, ცოდნის ათვისების  $\bar{p}$  დონე შეიძლება არ შეესაბამებოდეს

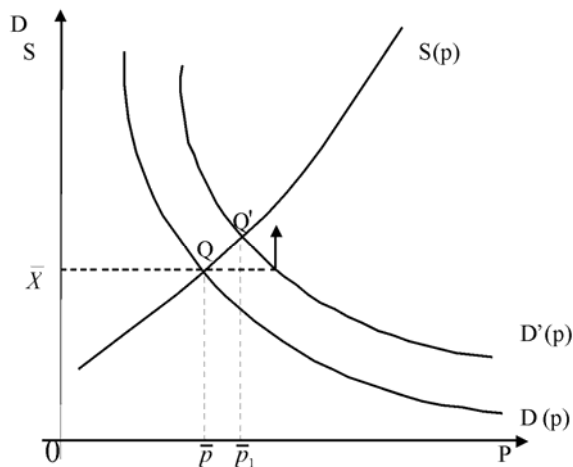
მაღალ ხარისხს. ამიტომ მოსწავლეთა ჯგუფის მიერ მაღალი შეფასების მისაღწევად საჭიროა ცოდნის მიწოდების  $S(p)$  მრუდი დარჩეს უცვლელად, ხოლო მოთხოვნის  $D(p)$  მრუდი გადავაადგილოთ პარალელურად მაღალი შეფასების  $Q'$  ნიშნულისაკენ (ნახ.2).

ამ შემთხვევაში, ცხადია, მასწავლებელი იძულებული იქნება კიდევ უფრო გაზარდოს მოსწავლეთათვის მიწოდებული ცოდნის მოცულობა და ხარისხი სწავლების პროცესში, რათა უზრუნველყოს მსმენელთა მხრიდან გაზრდილი მოთხოვნილება ცოდნაზე. შესაძლოა, ცოდნის ათვისების მაღალი დონის მიღწევის მიზნით მიზანშეწონილი გახდეს  $D(p)$  მრუდის რამდენიმე (ჯერადი) გადაადგილების განხორციელება  $P_i$  ( $i=1,k$ ) მაღალი ხარისხის ეტაპობრივი მატების უზრუნველსაყოფად. იმისათვის, რომ სწავლების პროცესში გამოვიყენოთ პროგრამასთან ადაპტაციისათვის  $S(p)$  ფუნქციის ერთი ინტერვალით დაყოფნა,  $D(p)$  მოთხოვნილების მრუდის დახრის კუთხე ფუნქციების გადაკვეთის  $Q$  წერტილში  $S(p)$  მიწოდების მრუდის დახრაზე მეტი უნდა იყოს. მხოლოდ მსგავს შემთხვევაში ხდება შესაძლებელი ქსელის შეკვრა (ნახ. 1, ნახ. 2) და წინასწარ განსაზღვრა იმ გარემოებისა, თუ



რამდენი გააკვეთილის (ლექციის) ჩატარების შედეგად არის შესაძლებელი ჩამორჩენის დაძლევა. თუ  $D(p)$  მრუდის დახრა პირიქით – ნაკლებია ან ისეთივეა, როგორც  $S(p)$ -სი, მივიღებთ ან გახსნილ ქსელს, ან იგი შეიკვრება ერთი მარჯუთ და ქსელური მოდელი არაინფორმაციული ანუ გამოუსადეგარი იქნება. პირველ შემთხვევაში  $D(p)$  და  $S(p)$  მრუდების განტოლებებს ექნებათ ერთი ამონახსნი, ხოლო დანარჩენ შემთხვევებში – მრავალი. რაც უფრო მეტია  $D(p)$  მრუდის დახრა, მით უფრო ადრე იქნება მიღწეული ცოდნის ათვისების საუკეთესო დონის მაჩვენებელი –  $Q$  წერტილი. შესაბამისად – მით უფრო ადრე დამთავრდება ნორმალურ პროგრამასთან ადაპტაცია, ე.ი. ცოდნის ათვისე-

ბის მაღალი დონე. მაშინ როდესაც მოხდება გადასვლა პროგრამით გათვალისწინებულ სწავლების ნორმალურ რითმზე ცოდნის ათვისების მაღალი ხარისხით, შესაძლებელია სწავლების პროცესის მართვისათვის გამოვიყენოთ აღნიშნული მრუდები, რომლებიც აგებული იქნება დროის ერთი და იგივე მონაკვეთში და არა წანაცვლებით (დაყოვნებით). ამ შემთხვევაში სასწავლო პროცესის მართვისათვის მთავარია აგებული იყოს მრუდების გადაკვეთის წერტილი, ეი მასწავლებელსა და მოსწავლეს შორის ურთიერთგაგების ანუ მიწოდებულ და ათვისებულ ცოდნას შორის კონსენსუსის (“გარიგების”) საუკეთესო წერტილი.



ნახ. 2

ამრიგად, ცოდნის ათვისების აღნიშნული ინფორმაციული მოდელი შესაძლებელს ქმნის გაირკვეს ცოდნის ის რაოდენობა, რომელიც მოსწავლეს უნდა მიეწოდოს რათა მან ეს ინფორმაცია ოპტიმალურად აითვისოს. იმაედროულად, მოდელის საშუალებით, თანაბრად კონტროლდება სწავლების პროცესში როგორც მოსწავლე, რომელმაც სათანადოდ ვერ (ან არ) აითვისა მიწოდებული სასწავლო მასალა, აგრეთვე-მასწავლებელიც, რომელმაც მოსწავლეებს არ (ან ვერ) მიაწოდა საჭირო ინფორმაცია ისეთი ფორმით და რაოდენობით, რომ მათ შეეძლებოდათ ცოდნის სრულად ათვისება. ამასთან,  $\bar{p}$  წერტილიდან გადახრა მარჯვნივ მოსწავლის მხრივ არსებულ ხარვეზზე მიუთითებს, ხოლო გადახრა მარცხნივ – მასწავლებლის მიერ არასრულად გადაცემულ ცოდნაზე. მოდელის საშუალებით აღნიშნული ხარვეზების (გადახრების) რაოდენობრივი ასახვა შესაძლებელია, რაც უზრუნველყოფს სწავლების პროცესში მათ გამოსწორებას. მართლაც, დაფიქსირდება რა მასწავლებლის მიერ არასაკმარისად მიწოდებული და მოსწავლის მიერ არა-

სრულად ათვისებული ცოდნის რაოდენობის რიცხობრივი მნიშვნელობები, შესაძლებელია მათი კორექცია – გასწორება, ეი ცოდნის ათვისების პროცესის რაციონალურად ორგანიზაცია და მართვა.

ამრიგად, შემოთავაზებული დინამიკური ქსელური მოდელი თანაბარი სიზუსტით აკონტროლებს როგორც მოსწავლეს, ისე მასწავლებელს, რაც უნდა ჩაითვალოს მოდელის უპირატესობად სწავლების სხვა მოდელებთან შედარებით, რომლებიც ვერ უზრუნველყოფენ ერთდროულად მასწავლებლის კონტროლსაც.

ცოდნის ათვისების კონტროლის მიზნით, ყოველი ექსპერიმენტის შემდეგ, როდესაც მასწავლებელი აფიქსირებს თავის შეფასებას, საჭიროა სწავლების პროცესის ამსახველი მრუდები აიგოს და მათი საშუალებით ოპტიმალური შეფასებიდან დადგინდეს კონკრეტული გადახრები. მაგრამ იმის გამო, რომ ეს პროცედურა გართულებულია ინფორმაციის დიდი მასივების არსებობით ცოდნის ათვისების ოპტიმალური მნიშვნელობისა და გადახრების განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ინფორმაციის თეო-

რის, კერძოდ–კოდირების თეორიის მათემატიკური აპარატის გამოყენება [2]. ამ შემთხვევაში მრუდების აგების გარეშე შესაძლებელია დადგინდეს ცოდნის ათვისების ოპტიმალური წერტილი  $Q$  და სწავლების პროცესში მოსწავლის ან მასწავლებლის მიხედვით გამოწვეული გადახრები.

### 3. დასკვნა

წარმოდგენილი მოდელი გამარტივდება იმ შემთხვევაში თუ მიწოდებისა და მოთხოვნების ფუნქციების აგებისათვის საჭირო მონაცემები რიცხვითი სახით იქნება მოცემული, როგორც ერთი საქონლის ბაზრის პირობებში. სწავლების პროცესის მართვის შემთხვევაში კი მონაცემებს უმეტესად არარიცხვითი, შინაარსობრივი ფორმა აქვთ და ამიტომ შემოთავაზებული მოდელის გამოყენებისათვის, საჭიროა მათი

რიცხვითი წარმოდგენა. ამ მიზნის მისაღწევად მიზანშეწონილია შესაბამისი გადაყვანის ალგორითმის გამოყენება, რომელსაც საფუძვლად უდევს შინაარსობრივი (სემანტიკური) ენტროპიის გამოთვლის პრინციპი, მოვლენების ცნებებზე და საკითხებზე წარმოდგენა და მათი განმეორების ჯერადობის ფიქსირება გარკვეული კრიტერიუმის მიმართ [3].

### ლიტერატურა

1. Аллен Р. Математическая экономия. Москва: Изд. иностранной литературы, 1963.
2. Дадаев Ю. Теория аритмических кодов. Москва: Радио и связь, 1981.
3. Турбович Д. Информационно-семантическая модель обучения. Изд. Ленинградского университета. Ленинград, 1970, с. 158 – 160.

### UDC 681.3

#### INFORMATION MODEL OF ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF KNOWLEDGE MASTER

Z. Kipshidze, A. Chaduneli, G. Ananiashvili

Department of computing systems and networks, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** Represented dynamic network model checks as a pupil so a teacher with equal exactness, that is why this would be preferable relatively to other models of education, which do not ensue teacher's control at the same-time.

Offered model would be simplified in such a case, when necessary information for the construct functions of presenting and demand will be presented in the numeral aspect, as in the conditions of a market of one article.

**Key words:** dynamic network model; knowledge master process; statistic analysis process; exact control.

### УДК 681.3

#### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ УСВОЕНИЕМ ЗНАНИЯ

Кипшидзе З. Ш., Чадунели А.Ш., Ананиашвили Г.Г.

Департамент вычислительных систем и сетей, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Предложенная динамическая сетевая модель с соответствующей точностью позволяет контролировать как учащегося, так и учителя. Поэтому она предпочтительна в сравнении с другими моделями обучения, которые не обеспечивают одновременного контроля учащегося и учителя.

Следует отметить, что предложенная модель упрощается в том случае, когда необходимые данные для построения функций подачи и спроса будут представлены в виде чисел, как в условиях рынка одного товара.

**Ключевые слова:** динамическая сетевая модель; процесс усвоения знания; статистический анализ процесса; точный контроль.

მიღებულია დასაბუჯდად  
23.10.2011

УДК 515.17

**КЛАССЫ ФУНКЦИЙ И РЯДЫ ФУРЬЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБОБЩЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ**

**С.Б. Топурия\*, Н.Д. Мачарашвили\*\*, З.И. Циклаური\*\*\***

Департамент математики, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: topur@list.ru\*, n.macharashvili@mail.ru\*\*, z.tsiklauri@mail.ru\*\*\*

**Резюме:** Доказываются теоремы, по которым можно судить о свойствах функций, определенных на поверхности единичной сферы пространства  $R^3$ , изучая последовательность чезаровских или абелевых сумм ее ряда Фурье относительно обобщенных сферических функций.

**Ключевые слова:** обобщенные сферические функции; ряд Фурье; сходимость; суммируемость; средние Чезаро и Абеля.

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Для рядов Лапласа на сфере изучено весьма полно (см. [1], стр. 138), какие свойства средних Чезаро и Абеля этих рядов определяют: являются ли эти ряды рядами Фурье-Лапласа или Фурье-Лапласа-Стилтьеса тех или иных классов функции.

Эти вопросы для рядов относительно обобщенных сферических функций частично изучены ([2], [3]).

Целью представленной работы является изучение в совершенстве аналогичных вопросов для рядов относительно обобщенных сферических функций.

**2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

$R^k - k$  – мерное евклидово пространство ( $k = 1, 2, 3, \dots$ );  $x = (x_1, x_2, x_3)$ ,  $y = (y_1, y_2, y_3)$  – точки (векторы) пространства  $R^3$ ;  $(\rho, \vartheta, \varphi)$  – сферические координаты точки  $x = (x_1, x_2, x_3)$ ;  $(x, y) = \sum_{i=1}^3 x_i y_i$  – скалярное произведение векторов из  $R^3$ ;  $|x| = \sqrt{(x, x)}$  – длина вектора  $x$ ;  $S^2 = \{x : x \in R^3; |x| = 1\}$  – единичная сфера, а  $|S^2| = 4\pi$  – ее площадь;  $D^2(x; h) = \{y : y \in S^2, (x, y) > \cos h, 0 < h \leq \pi\}$ , т.е.,  $D(x; h)$  представляет собой сферический сегмент  $S^2$  с центром в точке  $x$  и сферическим радиусом  $h$ ,  $|D(x; h)|$  – площадь ее поверхности.

$f \in L(S^2) - f(x)$  суммируема на  $S^2$ ;  $dS^2$  – элемент площади поверхности  $S^2$ ,  $dS^2 = \sin \vartheta d\vartheta d\varphi$ .

$M(S^2)$  – пространство конечных регулярных борелевых мер  $\mu$  с мерой  $\|\mu\|_{M(S^2)} = \int_{S^2} |d\mu(x)|$ .

Пусть  $\Phi(X) \in M(S^2)$ . Верхнюю и нижнюю грани значений, принимаемых функцией  $\Phi(X)$  на измеримых подмножествах множества  $E$ , называют верхней и нижней вариациями функции  $\Phi$  на  $E$  и обозначают через  $\bar{W}(\Phi; E)$  и  $\underline{W}(\Phi; E)$ , соответственно, т.е.

$$\bar{W}(\Phi; E) = \sup_{X \subset E} \Phi(X), \quad \underline{W}(\Phi; E) = \inf_{X \subset E} \Phi(X).$$

Число  $\bar{W}(\Phi; E) + |\underline{W}(\Phi; E)|$  называется абсолютной вариацией функции  $\Phi$  на  $E$  и обозначается через  $W(\Phi; E)$ . Известно ([4], стр. 25), что  $\Phi(X) = \bar{W}(\Phi; X) + \underline{W}(\Phi; X)$ .

Аддитивная функция множества на множестве  $E$  называется абсолютно непрерывной на  $E$ , если она обращается в нуль на каждом измеримом подмножестве  $E$ , мера которого равна нулю ([4], стр. 52).

Аддитивная функция  $\Phi(X)$  множества на множестве  $E$  называется сингулярной на  $E$ , если существует измеримое подмножество  $E_0 \subset E$  меры нуль, такое, что  $\Phi(X)$  обращается тождественно в нуль на  $E - E_0$ , т.е.  $\Phi(X) = \Phi(E_0 \cap X)$  для каждого измеримого подмножества  $X$  из  $E$  ([4], стр. 52).

Обобщенными сферическими функциями называются функции

$$T_{m,n}^v(\varphi_1, \vartheta, \varphi_2) = P_{m,n}^v(\cos \vartheta) e^{-i(m\varphi_1 + n\varphi_2)},$$

где

$$P_{m,n}^v(\mu) = \frac{(-1)^{v-m} i^{m-n}}{2^v (v-m)!} \times \sqrt{\frac{(v+m)!(v-m)!}{(v+n)!(v-n)!}} (1+\mu)^{\frac{n+m}{2}} (1-\mu)^{\frac{n-m}{2}} \times \frac{d^{v-m}}{d\mu^{v-m}} [(1-\mu)^{v-n} (1+\mu)^{v+n}],$$

$$\mu = \cos \vartheta,$$

$\varphi_1, \vartheta, \varphi_2$  – углы Эйлера,  $0 \leq \varphi_1, \varphi_2 \leq 2\pi, 0 \leq \vartheta \leq \pi$ .

Рядом относительно обобщенных сферических функций называется ряд

$$\sum_{v=|m|}^{\infty} T_{m,m}^v(\varphi_1, \vartheta, \varphi_2), \quad m = 0, \pm 1. \quad (1)$$

Когда  $m = 0$ , система обобщенных сферических функций совпадает с системой обычных сферических функций [5].

Пусть  $f \in L(S^2)$ . Ее рядом Фурье относительно обобщенных сферических функций называется ряд

$$S(f; x) = \sum_{v=|m|}^{\infty} I_v^{(m)}(f; \vartheta, \varphi), \quad (2)$$

где  $m = 0, \pm 1$ ,

$$\begin{aligned} I_v^{(m)}(f; \vartheta, \varphi) &= \frac{(-1)^m}{4\pi} (2v+1) \times \\ &\times \int_{S^2} f(y) e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} P_{m,m}^v(\cos \gamma) ds^2(y) = \\ &= \frac{(-1)^m}{4\pi} (2v+1) \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \times \\ &\times f(\vartheta', \varphi') e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} P_{m,m}^v(\cos \gamma) \sin \vartheta' d\varphi' d\vartheta', \\ \cos \gamma = (x, y) &= \cos \vartheta \cos \vartheta' - \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta, \\ \beta &= \pi + \varphi' - \varphi, \\ \operatorname{tg} \varphi_1 &= \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta \sin \vartheta' \cos \beta + \cos \vartheta' \sin \vartheta}; \\ \operatorname{tg} \varphi_2 &= \frac{\sin \beta \sin \vartheta'}{\cos \vartheta' \sin \vartheta \cos \beta + \cos \vartheta \sin \vartheta'}. \end{aligned}$$

Когда  $m = 0$ , ряд (1) является рядом Фурье-Лапласа на сфере, т.е., он имеет вид

$$\begin{aligned} S(f; \vartheta, \varphi) &= \frac{1}{4\pi} \sum_{v=0}^{\infty} (2v+1) \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \times \\ &\times f(\vartheta', \varphi') P_v(\cos \gamma) \sin \vartheta' d\vartheta' d\varphi', \quad (3) \end{aligned}$$

где  $P_v(\cos \gamma)$  – полином Лежандра,  $P_v(\mu) = P_{v,0}^v(\mu)$ .

Из соотношения [6]

$$\begin{aligned} P_{11}^v(\mu) = P_{-1,-1}^v(\mu) &= \frac{1}{2v+1} \cdot \frac{d}{d\mu} [P_{v+1}(\mu) - P_{v-1}(\mu)] - \\ &- \frac{1}{2v+1} \cdot \frac{1}{1+\mu} [P_{v+1}(\mu) - P_{v-1}(\mu)], \end{aligned}$$

в силу того что ([7], стр. 37)

$$\frac{d}{d\mu} [P_{v+1}(\mu) - P_{v-1}(\mu)] = (2v+1)P_v(\mu).$$

получаем

$$P_{11}^v(\mu) = P_v(\mu) - \frac{1}{1+\mu} \int_{-1}^{\mu} P_v(t) dt,$$

т.е.

$$\begin{aligned} P_{11}^v(\cos \gamma) &= P_v(\cos \gamma) - \\ &- \frac{1}{1+\cos \gamma} \int_\gamma^\pi P_v(\cos t) \sin t dt. \quad (4) \end{aligned}$$

Из (4) видно, что  $P_{11}^0(\cos \gamma) = 0$ .

Поэтому ряд (2) при  $m = \pm 1$  можно записать следующим образом:

$$S(f; x) = \sum_{v=0}^{\infty} I_v^{(m)}(f; \vartheta, \varphi), \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} I_v^{(m)}(f; \vartheta, \varphi) &= -\frac{1}{4\pi} (2v+1) \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \times \\ &\times (\vartheta', \varphi') e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} \left[ P_v(\cos \gamma) - \right. \\ &\left. - \frac{1}{1+\cos \gamma} \int_\gamma^\pi P_v(\cos t) \sin t dt \right] \sin \vartheta' d\varphi' d\vartheta'. \end{aligned}$$

Обозначим через  $\sigma_n^\alpha(f; x)$  чезаровские  $(C, \alpha)$ ,  $\alpha > -1$  средние ряда (5), т.е.

$$\begin{aligned} \sigma_n^\alpha(f; \vartheta, \varphi) &= -\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi f(\vartheta', \varphi') \Phi_n^\alpha(\cos \gamma) e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} \times \\ &\times \sin \vartheta' d\varphi' d\vartheta', \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_n^\alpha(\cos \gamma) &= K_n^\alpha(\cos \gamma) - N_n^\alpha(\cos \gamma). \\ K_n^\alpha(\cos \gamma) &= \frac{1}{A_n^\alpha} \sum_{v=0}^n \left( v + \frac{1}{2} \right) A_{n-v}^\alpha P_v(\cos \gamma), \\ N_n^\alpha(\cos \gamma) &= \frac{1}{2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \gamma} \int_\gamma^\pi K_n^\alpha(\cos t) \sin t dt, \end{aligned}$$

$K_n^\alpha(\cos \gamma)$  является ядром  $(C, \alpha)$  средних ряда Фурье-Лапласа (3) ([1], стр. 20).

Средние Абеля ряда (5) обозначим так:

$$\begin{aligned} U(f; x) = U(f; r, \vartheta, \varphi) &= \sum_{v=0}^{\infty} I_v^{(m)}(f; x) r^v = \\ &= -\frac{1}{4\pi} \sum_{v=0}^{\infty} (2v+1) r^v \int_{S^2} P_{m,m}^v(\cos \gamma) f(y) e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} ds^2(y) = \\ &= -\frac{1}{4\pi} \int_{S^2} P^*(r, \gamma) f(y) e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} ds^2(y), \\ P^*(r, \gamma) &= \sum_{v=0}^{\infty} (2v+1) P_{m,m}^v(\cos \gamma) r^v = \\ &= \sum_{v=0}^{\infty} (2v+1) P_v(\cos \gamma) r^v - \\ &- \frac{1}{2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \gamma} \int_\gamma^\pi \left\{ \sum_{v=0}^{\infty} (2v+1) P_v(\cos t) r^v \right\} \sin t dt = \\ &= P(r, \gamma) - P_1(r, \gamma). \end{aligned}$$

$P(r, \gamma)$  – ядро Пуассона для ряда Фурье-Лапласа (3) ([1], стр. 107).

Пусть  $\mu \in M(S^2)$ . Известно ([4], стр. 176), что  $\mu$  почти во всех точках  $x \in S^2$  имеем производную  $\mu_S(x)$ , под которой мы понимаем предел

$$\mu_S(x) = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\mu[D(x; r)]}{|D(x; r)|}.$$

Ряд Фурье-Стилтьеса относительно обобщенных сферических функций определяется так:



$$S(d\mu; x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} I_{\nu}^{(m)}(d\mu; \mathcal{S}, \varphi),$$

где

$$I_{\nu}^{(m)}(d\mu; x) = -\frac{2\nu+1}{4\pi} \int_{S^2} P_{m,m}^{\nu}(\cos \gamma) e^{-im(\varphi_1+\varphi_2)} d\mu(y).$$

Если  $\mu$  абсолютно непрерывна на  $S^2$ , то  $S(d\mu; x) = S(\mu_S; x)$ .

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Справедливы следующие теоремы:

**Теорема 1.** Для того, чтобы ряд (1) был рядом Фурье-Стилтьеса относительно обобщенных сферических функций, необходимо и достаточно, чтобы

$$\int_{S^2} |\sigma_n(x)| ds^2(x) = O(1),$$

где  $\sigma_n(x)$  является  $(C,1)$  средним ряда (1).

**Теорема 2.** Для того, чтобы ряд (1) был рядом Фурье-Стилтьеса относительно обобщенных сферических функций, необходимо и достаточно, чтобы

$$\int_{S^2} |U(rx)| ds^2(x) = O(1) \quad (0 \leq r < 1),$$

где  $U(rx)$  является средними Абея ряда (1).

Если ряд (1) есть ряд Фурье-Стилтьеса функции  $F$ , то

$$\int_{S^2} |U(dF; rx)| ds^2(x) = \int_{S^2} |dF(x)|.$$

Пусть  $\Phi(u)$ ,  $u \geq 0$  неотрицательна, выпукла,

$\Phi(0) = 0$  и  $\frac{\Phi(u)}{u} \rightarrow \infty$ , когда  $u \rightarrow \infty$ . Как известно

([8], стр. 47), для каждой такой функции существует другая функция  $\Psi(u)$  (сопряженная по Юнгу) с теми же свойствами и удовлетворяющая неравенству Юнга

$$|fg| \leq \Phi(|f|) + \Psi(|g|).$$

Рассмотрим функцию,  $\chi(x)$ ,  $x \in S^2$  такую, что произведение  $\chi(x)g(x) \in L(S^2)$  для любой  $g \in L_{\Psi}(S^2)$ , и положим ([8], стр. 273)

$$\|\chi\|_{\Phi} = \sup_{\int_{S^2} \Psi(|g|) ds^2(x) = 1} \left| \int_{S^2} \chi(x)g(x) ds^2(x) \right|.$$

Множество таких  $\chi$  обозначается через  $L_{\Phi}^*(S^2)$ .

Ясно, что  $L_{\Phi}(S^2) \subset L_{\Phi}^*(S^2)$ .

**Теорема 3.** Условие  $\|U(r_x)\|_{\Phi} = O(1)$  является необходимым и достаточным для того, чтобы ряд (1) был рядом Фурье  $f \in L_{\Phi}^*(S^2)$ .

**Теорема 4.** Предположим, что ряд (1) есть  $S(dF; x)$ ,  $F(E)$  есть аддитивная функция множества ограниченной вариации. Тогда

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} |U(dF; rx)| dS^2(x) = W[F; D^2(x;h)];$$

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} U^+(dF; ry) dS^2(y) = \bar{W}[F; D^2(x;h)];$$

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} U^-(dF; ry) dS^2(y) = \underline{W}[F; D^2(x;h)].$$

**Теорема 5.** Пусть (1) есть  $S(dF; x)$ , где  $F$  удовлетворяет условиям теоремы 4. Условия:

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} |U(dF; ry)| dS^2(y) = \int_{D^2(x;h)} |F'(y)| dS^2(y);$$

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} U^+(dF; ry) dS^2(y) = \int_{D^2(x;h)} F'^+(y) dS^2(y);$$

$$\lim_{r \rightarrow 1} \int_{D^2(x;h)} U^-(dF; ry) dS^2(y) = \int_{D^2(x;h)} F'^-(y) dS^2(y)$$

необходимы и достаточны для того, чтобы функция  $F(E)$ , ее положительное изменение и ее отрицательное изменение были абсолютно непрерывны на  $D(x; h)$ .

**Теорема 6.** Предположим, что (1) есть  $S(dF; x)$ , где  $F(E)$  удовлетворяет условиям теоремы 4.

Для того, чтобы  $F(E)$  была абсолютно непрерывна на сегменте  $D^2(x; h)$ , необходимо и достаточно каждое из следующих условий:

а) функции  $F_r(E) = \int_E U(dF; ry) dS^2(y)$  равномерно

абсолютно непрерывны на  $D^2(x; h)$ ;

б)  $\lim_{\substack{r \rightarrow 1 \\ \rho \rightarrow 1}} \int_{D^2(x;h)} |U(dF; ry) - U(dF; \rho y)| dS^2(y) = 0$ .

**Теорема 7.** Предположим, что (1) есть  $S(dF; x)$ , где  $F$  удовлетворяет условиям теоремы 4.

Для того, чтобы  $\bar{W}(F; E)$  была абсолютно непрерывна на сегменте  $D^2(x; h)$ , необходимо и достаточно каждое из следующих условий:

а) функции  $F_r^+(E) = \int_E U^+(dF; y) dS^2(y)$  равномерно

абсолютно непрерывны на  $D^2(x; h)$ ;

б)  $\lim_{\substack{r \rightarrow 1 \\ \rho \rightarrow 1}} \int_{D^2(x;h)} |U^+(dF; ry) - U^+(dF; \rho y)| dS^2(y) = 0$ .

**Теорема 8.** Пусть  $\Phi(u)$ ,  $u \geq 0$  – выпуклая неотрицательная функция, и пусть  $\frac{\Phi(u)}{u} \rightarrow \infty$  при

$u \rightarrow \infty$ . Тогда для того, чтобы ряд (1) был  $S(dF; x)$ , где  $F$  имеет абсолютно непрерывную верхнюю вариацию  $\bar{W}(F; E)$ , причем  $\bar{W}'(F; x) \in L_{\Phi}(S^2)$ , необходимо и достаточно, чтобы

$$\int_{S^2} \Phi[U^+(ry)] dS^2(y) = O(1) \text{ при } r \rightarrow 1.$$

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Топурия С.Б., Ряды Фурье-Лапласа на сфере. Тбилиси, 1987.
2. Tsiklauri Z., The classes of functions and  $(C, \alpha)$  summability of a Fourier series according to the system of generalized spherical functions. Bull. of the Georgian Acad. of Sci, 155, N 1, 1997, 21-23.
3. Tsiklauri Z., The classes of functions and summability of a Fourier series by Abel method, according to the system of generalized spherical

functions. Bull. of the Georgian Acad. of Sci, 155, N 3, 1997, 331-332.

4. Сакс С. Теория интеграла. Москва, 1949.
5. Гельфанд И.М., Шапиро З.А. Представление группы вращений трехмерного пространства и их применения // УМН, 7:1, 1952, 3-117.
6. Литвинков С.С., О сходимости рядов Фурье по обобщенным сферическим функциям // Изв. высш. учебн. заведений, Математика, 4, 1962, 92-103.
7. Гобсон Е.В., Теория сферических и эллипсоидальных функций. Москва, 1952.
8. Зигмунд А., Тригонометрические ряды, т. I. Москва, 1965.

**შპა 515.17****ფუნქციონალური კლასები და ფურიეს მწკრივები განზოგადებულ სფერულ ფუნქციონალურ სისტემის მიმართ**

ს. თოფურია, ნ. მაჭარაშვილი, ზ. წიკლაური

მათემატიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

**რეზიუმე:** დამტკიცებულია თეორემები, რომლებიც გვიჩვენებს თუ როგორ განისაზღვრება  $R^3$  სივრცის ერთეულოვან სფეროზე განსაზღვრულ ფუნქციონალურ ფუნქციონალურ თვისებები, ამ ფუნქციონალურ განზოგადებულ სფერულ ფუნქციონალურ სისტემის მიმართ ფურიეს მწკრივის ჩეზაროს ან აბელის საშუალოების თვისებათა მიხედვით.

**საკვანძო სიტყვები:** განზოგადებული სფერული ფუნქციონალური; ფურიეს მწკრივი; კრებადობა; შეჯამებადობა; ჩეზაროს და აბელის საშუალოები.

**UDC 515.17****ABOUT CLASSES OF FUNCTIONS AND FOURIER SERIES WITH RESPECT TO GENERALIZED SPHERICAL FUNCTIONS**

S. Topuria, N. Macharashvili, Z. Tziklauri

Department of mathematics, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are proved the theorems, which show how it is possible to judge about the properties of the functions, which are defined on the surface of a single sphere if the space  $R^3$  studying the sequence of Chezaro or Abelian sums of their Fourier series with respect to the generalized spherical functions.

**Key words:** Generalized spherical functions; Fourier series; convergence; summability; Cezaro and Abel means.

მიღებულია დასაბეჭდად  
12.07.2011

# სატრანსპორტო, მანქანათმშენებლობა

შპს 62-592.1

**სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ღრმობის ბავშვთა ვაბონის სამუხრუჭო ხუნდების სოლისებრი ცვეთების მოვლენაზე**

გ. შარაშენიძე\*, ა. შარვაშიძე, თ. ღუნდუა, პ. კურტანიძე, გ. შარაშენიძე

სატრანსპორტო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: gsharashenidze@gmail.com

**რეზიუმე:** ნაშრომში განხილულია სამუხრუჭო ხუნდის სოლისებრი ცვეთის მოვლენის მექანიზმი, რის შედეგადაც ექსპლუატაციაში ჩაშვებულ ხუნდების საერთო რაოდენობის თითქმის 35% იხსნება ვაგონიდან სამომსახურო ვადის მხოლოდ ორი მესამედის გასვლის შემდეგ. შექმნილია სოლისებრი ცვეთისა და სამუხრუჭო ხუნდის დაწოლის ძალის საანგარიშო სქემა. სამუხრუჭო ხუნდის დაწოლის ძალის განსაზღვრის მიზნით განხილულია ხუნდის ვერტიკალური საკიდის წონასწორობის პირობა ყველა გარეშე ძალების მოქმედებისას. მხედველობაში მიიღება სამუხრუჭო სისტემის გადაცემის ფარდობა და სამუხრუჭო ცილინდრიდან განვითარებული სამუხრუჭო ძალა, ასევე ღრმობიან სახსრულ შეერთებებში ინერციისა და ხახუნის ძალები. მიღებულია სამუხრუჭო ხუნდის სოლისებრი ცვეთის პირობებში ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირზე სამუხრუჭო ხუნდის დაწოლის ძალის ანალიზური გამოსახულებები. ამ ფორმულებში აისახება ღრმობიანი სახსრული შეერთებების გეომეტრიული და ძალური პარამეტრები, ასევე შესაბამისი განზოგადებული კოორდინატები, განზოგადებული ძალები და გადაცემის ამპრაჟი რგოლის მახასიათებლები.

**საკვანძო სიტყვები:** სამუხრუჭო ხუნდი; სოლისებრი ცვეთა; ღრმობა; გადაცემის ფარდობა; სამუხრუჭო ძალა.

## 1. შესავალი

ვაგონის მოძრაობისას ინტენსიურ ცვეთას განიცდის მისი სავალი ნაწილის, კერძოდ თვლების გორვის ზედაპირები და ქიმები ლიანდაგის სწორი და მრუდე უბნების გაფლისას. თითოეული ამ ცვეთისათვის არსებობს დასაშვები მნიშვნელობა, რომლის გადაჭარბების შემთხვევაში საჭირო ხდება შესაკეთებელი ოპერაციების ჩატარება. ცვეთები გავლენას ახ-

დენს დამატებითი დინამიკური ძალების მნიშვნელობებზე [1], ამიტომ პირველ რიგში საჭირო ხდება ცვეთებისა და დინამიკური დეფორმაციების გამომწვევი მიზეზების გამოკვლევა [2, 3].

ცვეთას განიცდის სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის სახსრული შეერთებების ელემენტები და სამუხრუჭო ხუნდების მუშა ზედაპირები. ეს მოვლენა საგრძნობლად აუარესებს მოძრავე შემადგენლობის სამუხრუჭო ეფექტს – იზრდება სრული სამუხრუჭო დროისა და სამუხრუჭო გზის მნიშვნელობა, ვადაზე ადრე მწყობრიდან გამოდის სამუხრუჭო ხუნდების უმრავლესობა ფრიქციული ზედაპირების ცვეთებისა და დაზიანებების გამო [4].

სამუხრუჭო ხუნდების საექსპლუატაციო მუშაობის ხანგრძლივობა დადგენილია თეორიული გამოკვლევებისა და პრაქტიკული ექსპერიმენტების საშუალებით, მაგრამ პრაქტიკაში ხშირია ხუნდების ისეთი დაზიანებანი, რომელიც ჩვეულებრივ კანონზომიერებებს არ ემორჩილება. ამ დაზიანებათა შორის ყველაზე მაგნე არის ხუნდის სოლისებრი ცვეთა მისი სიგრძის მიხედვით, რომლის დროსაც ხუნდის საწყისი და ბოლო ნაწილების ცვეთების სხვაობამ შეიძლება მიაღწიოს 15-20 მმ-ს. აქ უკვე საჭირო ხდება ხუნდის შეცვლა, რაც მეტად საზიანოა ეკონომიურობის თვალსაზრისით.

სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის თეორიული გამოკვლევები სახსრულ შეერთებებში ღრმობის გათვალისწინებით [5, 6] საშუალებას იძლევა იმის შესახებ, რომ სამუხრუჭო ხუნდების სოლისებრი ცვეთების მოვლენა აიხსნას სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის სახსრული შეერთებების ცვეთების ზემოქმედებით ან სამუხრუჭო ხუნდის კვანძის კონსტრუქციის შეუსაბამობით. სოლისებრი ცვეთების მოვლენის შესწავლისა და შედეგების აღმოფხვრის მიზნით აუცილებელია გარკვეული სამუშაოების ჩატარება ორივე მიმართულებით.

სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ოპტიმალური სქემების დამუშავება სახსრული ელემ-

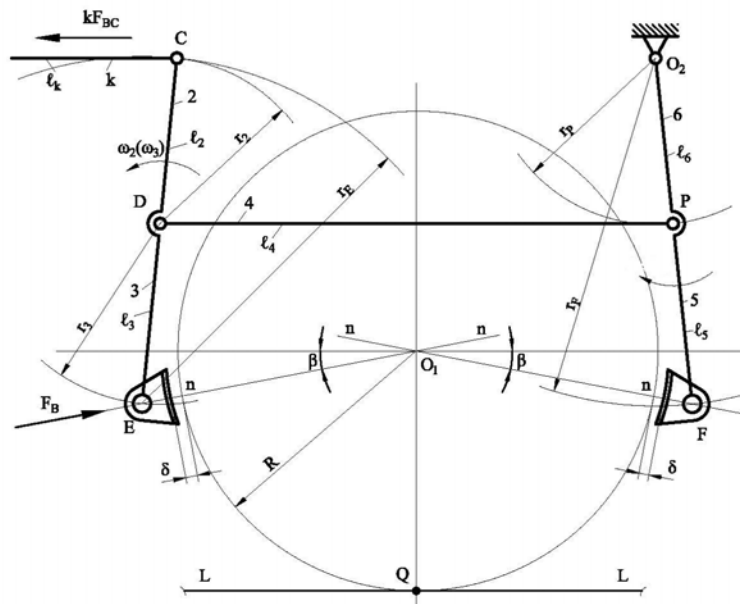
მენტების ცვეთების მხედველობაში მიღებით და სათანადო ქცევის პრინციპის ჩამოყალიბებით [7, 8] სამუხრუჭო ხუნდების ცვეთების ასხნის წინა პირობაა. კვლევის ამ პრინციპების გამოყენება სოლისებრი ცვეთების მოვლენის შესწავლის მიზნით დღეისათვის წარმოადგენს მეტად აქტუალურ ამოცანას. ამ ამოცანის გადაწყვეტა და სამუხრუჭო ხუნდის კვანძის ოპტიმალური დაგეგმარება სოლისებრი ცვეთების აღკვეთისა და ხუნდის ხანგამძლეობის უზრუნველყოფის აუცილებელი პირობაა.

**2. ძირითადი ნაწილი**

დღეს მოძრავი შემადგენლობა აღჭურვილია სხვადასხვა სახის სამუხრუჭო ბერკეტული გა-

დაცემებით, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება როგორც ამძრავი და საშუალოდ მექანიკური გადაცემებით, ასევე სამუხრუჭო კვანძის შესრულებითაც. სამუხრუჭო გადაცემა ბოლოვდება სამუხრუჭო ხუნდის შემსრულებელი კვანძით.

სამუხრუჭო ხუნდის სოლისებრი ცვეთებზე ბერკეტული გადაცემის სახსრული შეერთების ღრეხობების გავლენის მიზნით განვიხილავთ ვაგონის სამუხრუჭო კვანძის სქემას (ნახ. 1), ხუნდების ვერტიკალური CE და O<sub>2</sub>F ბერკეტების, DP წვევის, E და F სახსრებში ჩამაგრებული ბუნიკებიანი ხუნდებისა და საშუალოდ ლ<sub>k</sub> წვევის სახ-



ნახ. 1. სამუხრუჭო კვანძის სქემა იდეალური გამოშავალი პარამეტრებით

მოცემულ სქემაზე ამძრავი სისტემა და სამუხრუჭო ცილინდრი პირობითად არ არის ნაჩვენები, ხოლო კვანძის მოძრაობას განაპირობებს საშუალოდ ლ<sub>k</sub> წვევის საშუალებით სამუხრუჭო ცილინდრიდან განვითარებული KF<sub>BC</sub> ძალის ზემოქმედება ხუნდის ვერტიკალური CE ბერკეტის საწყის C სახსარზე. K არის სამუხრუჭო ბერკეტული სისტემის გადაცემის ფარდობა C სახსრამდე. ხუნდის ჩამაგრების E წერტილში გადაცემის ფარდობა

$$K_E = K \frac{l_2}{l_3} = \frac{l_{k-2}}{l_{k-1}} \cdot \frac{l_2}{l_3}, \quad (1)$$

სადაც l<sub>2</sub>, l<sub>3</sub> არის ვერტიკალური CE ბერკეტის CD და DE ამძრავი და ამყოლი მხრების ზომები; l<sub>k-1</sub>, l<sub>k-2</sub> – K წვევის წინა ბერკეტის ამძრავი და ამყოლი მხრები.

C სახსარში ამძრავი ძალის ზემოქმედებისას D სახსარი უძრავია, ამიტომ DC და DE მხრების C და E სახსრები r<sub>2</sub> და r<sub>3</sub> რადიუსებით შემობრუნდება D სახსრის გარშემო მანამ, სანამ ვაგონის თვლის R რადიუსიანი გორვის წრიდან δ მანძილის დაშორებული ხუნდის მუშა ზედაპირი შეუთავსდება თვლის გორვის ზედაპირს. ამ დროს E სამუხრუჭო ხუნდი ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირზე იმოქმედებს ძალით

$$F_B = K \frac{l_2}{l_3} F_{BC}. \quad (2)$$

შეთავსების შემდეგ E სახსარი ხდება უძრავი და C სახსრის მობრუნება r<sub>E</sub> რადიუსით გამოიწვევს D სახსრის გადაადგილებას მარცხნივ, ე.ი. F სახსრის შემობრუნებას r<sub>F</sub> რადიუსიან წრეზე.

ბერკეტები შემობრუნდება შესაბამისად  $\omega_1$  და  $\omega_2$  კუთხური სიჩქარეებით.

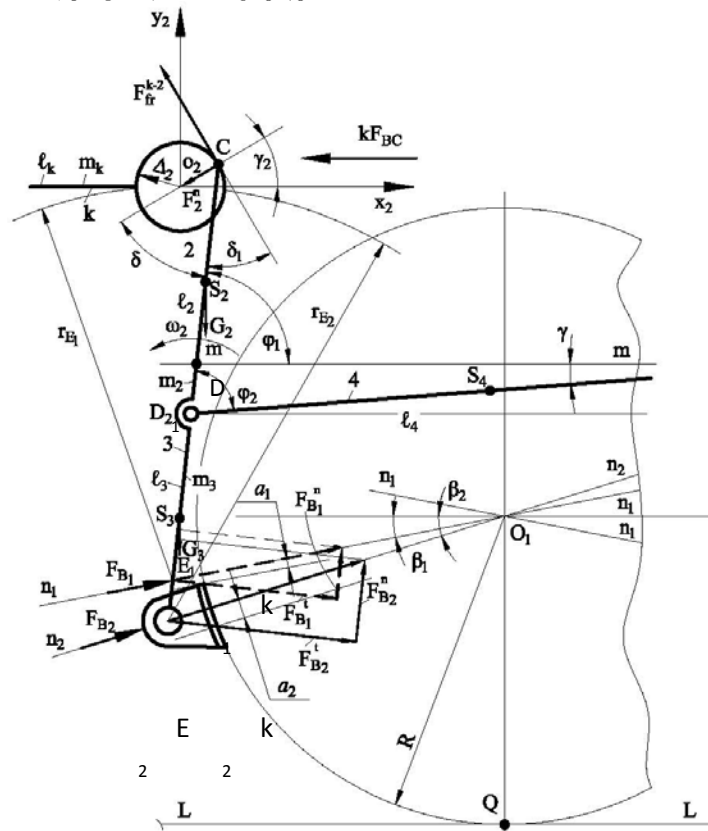
ოპტიმალური დამუხრუჭების მიზნით სასურველია, რომ ხუნდის მიჭერისას ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირის მიმართ დაცულ იქნეს ხუნდის ვერტიკალური ბერკეტისა და ხუნდზე დაწოლის ძალის მიმართულების პერპენდიკულარულობის პირობა. ამ პირობის შესრულება პრობლემურია თვით გორვის ზედაპირისა და ხუნდის მუშა ზედაპირის, ასევე ბერკეტული გადაცემის სახსრული შეერთებების ელემენტების ცვეთების გამო, რაც საბოლოოდ წარმოშობს სამუხრუჭო ხუნდების სოლისებრ ცვეთებს.

სოლისებრი ცვეთების მოვლენის გამოკვლევის მიზნით განვიხილოთ სამუხრუჭო კვანძის (ნახ. 1) რეალური საანგარიშო სქემა  $k-2$  სახსრულ შეერთებაში ელემენტების ჯამური ცვეთების შესაბამის  $\Delta_2$  ღრეჩოს გათვალისწინებით. (ნახ. 2).

სქემის (ნახ. 2) მიხედვით  $\ell_k$  წვევისა და  $CE_2$  ბერკეტის კონტაქტის  $C$  წერტილში მოქმედებს

ნორმალური რეაქციის  $F_2^n$  და ხახუნის  $F_{fr}^{k-2}$  ძალები. ასევე წერტილზე ზემოქმედებს სამუხრუჭო ცილინდრიდან განვითარებული ძალა გაზრდილი  $kF_{BC}$  მნიშვნელობით. ნორმალური და ხახუნის ძალები  $CE_2$  ბერკეტთან ადგენს  $\delta$  და  $\delta_1$  კუთხეებს. მხრების სიმძიმის ცენტრებია  $S_2$  და  $S_3$ , სადაც მოდებულია სიმძიმის  $G_2$  და  $G_3$  ძალები. მხრების მასებია  $m_2$  და  $m_3$ .

ღრეჩოს არსებობისას ვერტიკალური ბერკეტი დაიჭერს  $CD_2E_2$  მდებარეობას, ხოლო  $C$  სახსარში ნომინალური ტექნოლოგიური ღრეჩოს დროს კი  $CD_1E_1$  მდებარეობას. ტექნოლოგიური ღრეჩოს დროს  $E_1$  სახსარში იმოქმედებს დაწოლის  $F_{B_1}$  ძალა, რომელიც მიმართულია  $n-n$  წირის გასწვრივ თვლის  $O_1$  ცენტრისაკენ დახრის  $\beta$  კუთხით, ხოლო  $\Delta_2$  ღრეჩოს არსებობისას დაწოლის  $F_{B_2}$  ძალა მოქმედებს  $n_2-n_2$  წირის გასწვრივ დახრის  $\beta_2$  კუთხით თვლის ცენტრისაკენ.



ნახ. 2. სამუხრუჭო ხუნდის სოლისებრი ცვეთების რეალური საანგარიშო სქემა სახსრული შეერთების ცვეთის გათვალისწინებით

თუ ხუნდის დაწოლის  $F_{B_1}$  და  $F_{B_2}$  ძალებს დაეშლით მათ ნორმალურ და ტანგენციალურ შემდგენებად და განვიხილათ ტანგენციალური შემდგენების გადაკვეთის  $K_1$  და  $K_2$  წერტილებს თვლის გორვის  $R$  რადიუსიან წრესთან, დავრწმუნდებით, რომ გადაკვეთის  $K_2$  წერტილი ძვეს

ხუნდის  $E_2$  ცენტრიდან შედარებით დაბლა, ვიდრე  $K_1$  წერტილი და ამავე დროს დაწოლის  $F_{B_2}^t$  ტანგენციალური ძალა შედარებით მეტია შესაბამის  $F_{B_1}^t$  ტანგენციალურ ძალაზე. გამოდის, რომ  $\Delta_2$  ღრეჩოს ზემოქმედების გამო სამუხრუჭო



ხუნდის დაწოლის  $F_{B_2}$  ძალა მოქმედებს ხუნდის ქვედა ნახევარში  $F_{B_2}^i$  ტანგენციალური ძალის სახით. ამიტომ ხუნდის ქვედა ნაწილის ცვეთა მეტია, ვიდრე მისი ზედა ნახევრისა.

სქემის მიხედვით (ნახ. 2) ცხადი ხდება, რომ სოლისებრი ცვეთის სიდიდე მით მეტია, რაც მეტია ღრეხოს მნიშვნელობა  $k-2$  სახსრულ შეერთებაში, ე.ი. რაც მეტია რეაქციის ნორმალური  $F_2^n$  და ტანგენციალური ძალა ანუ ხახუნის ძალა  $F_{fr}^{k-2}$ . ამ პირობებში შესაძლებელია განისაზღვროს და აუცილებელია დადგინდეს ხუნდის დაწოლის  $F_{B_2}$  ძალის მნიშვნელობა, ხოლო შემდეგ შეფასდეს ცვეთების სესაბამისი  $a_1$  და  $a_2$  პარამეტრები.

კვლევის საწყის ეტაპზე განვსაზღვრავთ ხუნდის დაწოლის  $F_{B_2}$  ძალის მნიშვნელობას. ამ მიზნით სქემის (ნახ. 2) მიხედვით ვწერთ ხუნდის ვერტიკალური ბერკეტის წონასწორობის განტოლებას. გვექნება:

$$M(D_2) = F_{fr}^{k-2} \ell_2 \sin \delta_1 + F_2^n \ell_2 \sin \delta + KF_{BC} \ell_2 \sin \varphi_1 + F_{B_2} \ell_2 \sin \varphi_1 + G_3 \frac{\ell_3}{2} \cos \varphi_1 - G_2 \frac{\ell_2}{2} \cos \varphi_1 = 0. \quad (3)$$

(3) განტოლებაში ტანგენციალური შემდგენი ანუ ხახუნის  $F_{fr}^{k-2}$  ძალა

$$F_{fr}^{k-2} = -F_2^n a. \quad (4)$$

თავის მხრივ

$$a = k_{fr_1} \text{sign} \dot{\gamma}_2 + k_{fr_2} \text{sign} \dot{\gamma}_2 + k_{fr_3} \text{sign} \dot{\gamma}_2, \quad (5)$$

სადაც  $k_{fr_1}$ ,  $k_{fr_2}$ ,  $k_{fr_3}$  არის მშრალი, სველი და კვადრატული ხახუნის კოეფიციენტები.

$\dot{\gamma}_2$  - კონტაქტის C წერტილის მობრუნების კუთხური სიჩქარის განზოგადებული კოორდინატა.

C წერტილის კონტაქტის მდგომარეობას ცვლად  $x_2 \sigma_2 \gamma_2$  საკოორდინატო სისტემაში განსაზღვრავს  $\gamma_2$  კუთხური განზოგადებული

კოორდინატა, ხოლო ამ შეერთების შიგა ელემენტის (C წერტილის) თავისუფალი მოძრაობა  $\Delta_2$  ღრეხოს არეში განისაზღვრება  $x_2$  და  $\gamma_2$  განზოგადებული კოორდინატებით.

(4) ტოლობის შეტანით (3) განტოლებაში მივიღებთ:

$$F_2^n \ell_2 (a \sin \delta_1 - \sin \delta) - KF_{BC} \ell_2 \sin \varphi_1 - \frac{g}{2} \cos \varphi_1 (m_3 \ell_3 - m_2 \ell_2) = F_{B_2} \ell_3 \sin \varphi_1. \quad (6)$$

(6) განტოლებიდან გამოითვლება ხუნდის დაწოლის ძალის მნიშვნელობა

$$F_{B_2(1)} = |u| \frac{F_2^n}{\sin \varphi_1} (a \sin \delta_1 - \sin \delta) - K |u| F_{BC} - \frac{g}{2} \text{ctg} \varphi_1 (m_3 - m_2 |u|), \quad (7)$$

სადაც

$$|u| = \frac{\ell_2}{\ell_3}.$$

ხუნდის დაწოლის ძალა  $F_{B_2}$  შეიძლება განისაზღვროს ხახუნის  $F_{fr}^{k-2}$  ძალის საშუალებითაც. ამისათვის ვსარგებლობთ ტოლობით:

$$F_2^n = -\frac{1}{a} F_{fr}^{k-2}. \quad (8)$$

ამ ტოლობის შეტანით (7) გამოსახულებაში მივიღებთ:

$$F_{B_2(2)} = -|u| \frac{F_{fr}^{k-2}}{a \sin \varphi_1} (a \sin \delta_1 - \sin \delta) - K |u| F_{BC} - \frac{g}{2} \text{ctg} \varphi_1 (m_3 - |u| m_2). \quad (9)$$

უკვე ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით [6, 8], სახსრულ  $k-2$  შეერთებაში  $\Delta_2$  ღრეხოთი, მოქმედი რეაქციის ნორმალური შემდგენის მნიშვნელობა  $F_2^n$  ცნობილია. ამ შემდგენის გათვალისწინებით (7) ტოლობის მიხედვით მივიღებთ ხუნდის დაწოლის ძალის ახალ მნიშვნელობას განზოგადებულ ხაზოვან და კუთხურ კოორდინატებთან კავშირში. გვექნება:

$$F_{B_2(2)} = \frac{|u|}{\sin \varphi_1} (a \sin \delta_1 - \sin \delta) \left\{ 2K |u| F_{BC} \sin \varphi - m_k g \cos \varphi - \frac{m_k}{6 \cos \varphi} [\dot{\gamma}_1 - \dot{\gamma}_2 - r \omega^2 \sin \alpha + \frac{1}{\ell_k \cos \varphi} (\dot{\gamma}_1 - \dot{\gamma}_2 + r \omega^2 \cos \alpha)^2 \text{tg} \varphi] + m_k [\ddot{x}_1 - r \omega^2 \cos \alpha - \frac{\ell_k}{2} (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi)] \sin \varphi + m_k \left[ \dot{\gamma}_2 + \frac{\ell_k}{2} (\ddot{\varphi} \cos \alpha - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi) \right] \right\} \times \\ \times (2 \sin \delta - 2 \sin \delta_1 a)^{-1} - K |u| F_{BC} - \frac{g}{2} \text{ctg} \varphi_1 (m_3 - |u| m_2), \quad (10)$$

სადაც  $\phi$  არის  $\ell_k$  წვევის მობრუნების კუთხე;

$\dot{\phi}$ ,  $\ddot{\phi}$  -  $\ell_k$  წვევის მობრუნების კუთხური სიჩქარე და აჩქარება;

$x_L, y_L, y_2$  - სახსრულ  $k-1$  და  $k-2$  შეერთებებში ხაზოვანი განზოგადებული კოორდინატები  $x_i, y_i$  მოძრავ საკოორდინატო სისტემაში.

$$F_{B_2(2)} = -\frac{|u|}{\sin \phi_1} (a \sin \delta_1 - \sin \delta) \left\{ m_k \frac{\ell_k}{6} \ddot{\phi} + 2|u| F_{BC} \sin \phi - m_k g \cos \phi + m_k \left[ \ddot{x}_1 - r\omega^2 \cos \alpha - \frac{\ell_k}{2} \sin \phi (\ddot{\phi} \sin \phi + \dot{\phi}^2 \cos \phi) \right] + m_k \cos \phi \left[ \ddot{y}_2 + \frac{\ell_k}{2} (\ddot{\phi} \cos \alpha - \dot{\phi}^2 \sin \phi) \right] \right\} \times (2 \sin \delta - 2 \sin \delta_1 a)^{-1} - K|u| F_{BC} - \frac{g}{2} ctg \phi_1 (m_3 - |u| m_2). \tag{11}$$

სამუხრუჭო  $F_{B_2}$  ძალის ზუსტი განსაზღვრის მიზნით შემდგომი კვლევების ჩატარებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის გარემოება, რომ  $\Delta_2$  ღრეხოს არსებობისას  $D$  სახსრული შეერთება (ნახ. 1)  $D_1$  მდებარეობიდან გადაინაცვლებს  $D_2$  მდებარეობაში (ნახ. 2), ე.ი.  $\ell_4$  სიგრძის მქონე წვევა  $m$ - $m$  მოქმედების ხაზიდან მობრუნდება რაღაც  $\nu$  კუთხით და  $CD$  ვერტიკალურ ბერკეტთან შეადგენს  $\phi_2$  კუთხეს. გამოდის, რომ გადაადგილებასთან ერთად იცვლება  $D_2$  სახსრის დინამიკური დატვირთვებიც და აუცილებელია ამ დატვირთვების გამოვლენა, რაც ვერ თავსდება მოცემული ნაშრომის ფარგლებში და გათვალისწინებული იქნება შემდგომი გამოკვლევების დროს.

### 3. დასკვნა

1. შექმნილია სამუხრუჭო ხუნდების სოლისებრი ცვეთების საანგარიშო სქემა, სადაც გათვალისწინებულია სახსრულ შეერთებებში არსებული არატექნოლოგიური ღრეხოები;

2. დადგენილია, რომ სამუხრუჭო ხუნდის სოლისებრი ცვეთების მნიშვნელოვანი ზრდა პროპორციულ დამოკიდებულებაშია შეერთების ღრეხოს გეომეტრიულ ზომასთან;

3. სოლისებრი ცვეთების ზუსტი განსაზღვრისა და მათი მნიშვნელობის გავრცელების პროგნოზირების მიზნით აუცილებელია რეალურ საანგარიშო სქემაში ორი ან სამი ღრეხოებიანი სახსრული შეერთების განხილვა.

### ლიტერატურა

1. Clifford Bonaventura, Allan Zaremski. Dynamic effects of track sur condition on vertical wheel/rail forces and energy consumption // Trans. of ASME 2010 Rail Conference, 27-29 April, 2010, Urbana, Illinois, USA, v. 1, PN: JRC 2010-36002.

ასევე ცნობილია და გამოკვლეულია ხახუნის  $F_{fr}^{k-2}$  ძალის მნიშვნელობა [6, 8], რომლის გათვალისწინებით (9) ტოლობა ჩაიწერება ასეთი სახით:

2. Contact theories. In the general problem of rolling contact (A.L. Krowne, N.T. Tsai)//Trans. of American Society of Mechanical Engineers, applied mechanical division, 2008, v. 40, pp. 77-92.

3. Leonardo Bartatini Baruffaldi, Auteliano dos Santos. Effects of nonlinear friction wedge damping on freight train dynamics//Trans. of ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. November 12-18, 2010. Vancouver. British Columbia, Canada. T. 1, PN: IMECE 2010-38286.

4. Scott Cummings, Tom Mc Cabe. Brake shoes and mechanical shelling // Trans. of ASME RTDF 2008 Intern. Techn. Conference, September 24-25, Chicago, Illinois, USA, 2008. v. 1, PN: RTDF 2008-74025.

5. გ. შარაშენიძე. ვაგონების მექანიკური გადაცემის დინამიკა. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, -332 გვ.

6. გ. შარაშენიძე, პ. კურტანიძე, ს. შარაშენიძე. სამგზავრო ვაგონის ოპტიმალური სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ღრეხოიანი სახსრულ შეერთებაში რეაქციისა და ხახუნის ძალების გაანგარიშების შესახებ // სტუზ-ს სამეცნიერო შრომები № 3(477), თბილისი, 2010, გვ. 85-89.

7. Sharashenidze G.S., Gelashvili O.G., Dolidze M.G. Principles of development and foundations of dynamical analysis optimal brake leverage system of passenger carriages//Transactions of ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. November 12-18, 2010. Vancouver, British Columbia, Canada. T. I. PN: IMECE 2010-37731.

8. Sharashenidze G.S, Kurtanidze P.R, Sharashenidze S.G. Comparative analysis of dynamic loadings in joint connections with clearances of optimal brake leverage transmission//“Problems of Mechanics”. Tbilisi, 2011, № 1(42), pp. 24-32.

---

**UDC 62-592.1****INFLUENCE OF CLEARANCES OF BRAKE LEVERAGE TRANSMISSION ON PHENOMENON OF WEDGE-SHAPED DETERIORATION OF CARRIAGE BRAKE SHOES****G. Sharashenidze, A. Sharashenidze, T. Dundua, P. Kurtanidze, S. Sharashenidze**

Department of transport, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is explained the mechanism of brake shoes wedge-shaped deterioration phenomenon, due to that from being in operation total number of brake shoes almost 35% is removed from carriage after only two-thirds of their life-cycle. There is developed the design scheme of wedge-shaped deterioration and brake shoes pressing force. In order to determine the brake shoes pressing force there is considered the condition of equilibrium of vertical suspension of shoe at application of all external forces. There is taken into account the transmission ratio of braking system and developed by brake cylinder brake force as well as forces of inertia and friction in the joint connections with clearances. There are given the analytical expression of brake shoes pressing force on the rolling surface of wheel of carriage in conditions of wedge-shaped deterioration of brake shoe. In these formulae are reflected the geometric and force parameters of joint connections with clearances, as well as the appropriate generalized co-ordinates and generalized forces and characteristics of driver link of transmission.

**Key words:** brake shoe; wedge-shaped deterioration; clearance; transmission ratio; brake force.

---

**УДК 62-592.1****ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРОВ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ЯВЛЕНИЕ КЛИНОВИДНОГО ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК ВАГОНА****Шарашенидзе Г.С., Шарвашидзе А.М, Дундуа Т.Дж., Куртанидзе П.Р., Шарашенидзе С.Г.**

Департамент транспорта, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** В работе объяснен механизм явления клиновидного износа тормозных колодок, вследствие чего из находящегося в эксплуатации общего количества тормозных колодок почти 35% снимается с вагона после прохождения только двух третей от срока службы. Создана расчётная схема клиновидного износа и силы прижатия тормозных колодок. С целью определения силы прижатия тормозных колодок рассмотрено условие равновесия вертикальной подвески колодки при действии всех внешних сил. Приняты во внимание передаточное отношение тормозной системы и развиваемая тормозным цилиндром тормозная сила, а также силы инерции и трения в шарнирных соединениях с зазорами. Получены аналитические выражения силы прижатия тормозных колодок к поверхности катания колеса вагона в условиях клиновидного износа тормозных колодок. В этих формулах отражаются геометрические и силовые параметры шарнирных соединений с зазорами, а также соответствующие обобщённые координаты, обобщённые силы и характеристики ведущего звена передачи.

**Ключевые слова:** тормозная колодка; клиновидный износ; передаточное отношение; тормозная сила.

---

*მიღებულია დასაბუტად  
13.07.2011*



**შპს 62-592.1****სამუხრუჭო კომპოზიციური ხუნდების გავლენა ვაგონის წყვილთვლების მუშაობის ხანგრძლივობაზე**

გ. შარაშენიძე\*, თ. დუნდუა, პ. კურტანიძე, ს. შარაშენიძე, თ. მოწონელიძე

სატრანსპორტო დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: gsharashenidze@gmail.com

**რეზიუმე:** ნაშრომში წარმოდგენილია ვაგონის სამუხრუჭო ხუნდების მუშაობის მოკლე ანალიზი. ნაჩვენებია თუჯისა და კომპოზიციური ხუნდების შემოქმედება ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირის მიმართ. მიღებულია დამოკიდებულება ხუნდების ცვეთისა და ვაგონის გარბენს შორის. ხანგრძლივი დაკვირვებებისა და სადუპოო შეკეთების მონაცემების მიხედვით წლის სხვადასხვა პერიოდისათვის დადგენილია ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთის მნიშვნელობები ვაგონის გარბენის მიხედვით, რაც საბოლოოდ იძლევა თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთასა და სამუხრუჭო ხუნდის მუშაობის ხანგრძლივობას შორის დამოკიდებულებას. შედეგები მოცემულია დიაგრამების სახით. ვაგონის გარბენისა და სხვადასხვა სახის სამუხრუჭო ხუნდების მუშაობის ხანგრძლივობის მიხედვით დადგენილია ვაგონის წყვილთვლის ექსპლუატაციიდან ამოღებისა და თვლის გორვის ზედაპირების შემოწარხვის პერიოდი. დადგენილია, რომ ეს პერიოდი განისაზღვრება თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთის მაქსიმალური მნიშვნელობით. მიღებული შედეგები ასახულია დიაგრამებისა და ცხრილების სახით.

**საკვანძო სიტყვები:** სამუხრუჭო ხუნდი; ხუნდის ცვეთა; კომპოზიციური და თუჯის ხუნდები; გორვის ზედაპირი; ვაგონის გარბენი.

**1. შესავალი**

ვაგონის სამუხრუჭო ხუნდი არის სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ბოლო ელემენტი, რომლის დანიშნულებაა სამუხრუჭო ცილინდრის მიერ განვითარებული სამუხრუჭო ძალა გაზრდილი მნიშვნელობით გადასცეს ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირს. ძალის გადაცემა თვლის გორვის ზედაპირისადმი წარმოებს ხუნდის დაწოლით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ორი ფრიქციული მუშა ზედაპირის, თვლისა და ხუნდის ზედაპირის, ცვეთის მოვლენას. ეს მეტად რთული მოვლენაა, რაც განპირობებულია მოსახუნე ფრიქციული ზედაპირების დამუშავების ხარისხით, ხუნდისა და თვლის მასალის სახეობით, გარე კლიმატური პირობებით, თვლისა და ხუნდის ზედაპირების გეომეტრიული უთანაბრობებითა და ა.შ. ამ პირობების შემოქმედების

შედეგად ზიანდება ვაგონის თვლისა და სამუხრუჭო ხუნდის მუშა ზედაპირები [1, 2], ჩნდება ღრმულები მათ მუშა ზედაპირებზე, ადგილი აქვს ნაკაწრებს, მეტალურ მინადულს, არათანაბარ ცვეთებს თვლის გორვის ზედაპირზე და ხუნდის სოლისებრ ცვეთებს, რაც ამცირებს როგორც ვაგონის წყვილთვლის, ასევე სამუხრუჭო ხუნდის მუშაობის ხანგრძლივობას წლის ნებისმიერ პერიოდში.

სამუხრუჭო ხუნდის ნომინალური პარამეტრების შენარჩუნებაზე, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ვაგონის წყვილთვლის მუშაობის ხანგრძლივობაზე, დიდ გავლენას ახდენს სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის სახსრული შეერთებების ელემენტების გაზრდილი ცვეთები. ამ ცვეთების გამო სრული დამუხრუჭების პროცესში წარმოიშება სამუხრუჭო ბერკეტული გადაცემის რგოლების დრეკადი განივი რხევები [4], რაც უარყოფითად მოქმედებს როგორც გადაცემის, ასევე სამუხრუჭო ხუნდების საიმედოობაზე, რაც საბოლოო ჯამში აისახება წყვილთვლის დამატებითი ცვეთებითა და მისი მუშაობის ხანგამძლეობის შემცირებით. სახსრული შეერთებების ცვეთების ზეგავლენით იცვლება სამუხრუჭო ხუნდის ავტორხევების ძირითადი პარამეტრები, იზრდება რხევათა ამპლიტუდა და სიხშირე, რაც იწვევს დამატებით ხახუნსა და დარტყმით მოვლენებს თვლის გორვის ზედაპირებს შორის [5].

აღნიშნული მოვლენების მოსალოდნელი ალბათობა, რაც აუცილებელია წყვილთვლის მუშაობის ხანგამძლეობის, სამუხრუჭო გადაცემის ელემენტებისა და სამუხრუჭო ხუნდების რაოდენობის დასადგენად შეკეთების დროს, ნაწილობრივ დადგენილია სტატისტიკური ალბათობის პრინციპებზე დაყრდნობით [3, 6]. მაგრამ ამ მონაცემებით შეუძლებელია განისაზღვროს ხუნდებისა და წყვილთვლების მუშაობის ხანგრძლივობა, ხუნდის პარამეტრების გავლენა წყვილთვლის გეომეტრიულ მახასიათებლებზე და ა.შ.

ამ მიზნით აუცილებელია ჩატარდეს სამუხრუჭო ხუნდის მუშაობის ანალიზი ვაგონის გარბენის გათვალისწინებით, შეფასდეს წყვილთვლის მუშაობის ხანგრძლივობის პარამეტრები, რაც შესაძლებელია მხოლოდ დაკვირვებებისა და სტატისტიკური მონაცემების მოხედვით.

ამ ამოცანის გადაწყვეტას ემსახურება წინამდებარე ნაშრომი, რომელშიც ვაგონის წყვილთვლის მუშაობის ხანგრძლივობის შეფასებისათვის გამოყენებულია დაკვირვების შედეგად მიღებული მონაცემები.

**2. ძირითადი ნაწილი**

გასული საუკუნის 50-იან წლებში ყოფილი საბჭოთა კავშირისა და ევროპის ზოგიერთი ქვეყნის რკინიგზაზე გამოიყენებოდა მხოლოდ თუჯისაგან დამზადებული ვაგონის სამუხრუჭო ხუნდები. აღნიშნული წლებიდან ხმარებაში შემოდის კომპოზიციური ხუნდები, რომელთა ტექნიკური პარამეტრები პირველ ხანებში აღმოჩნდა გაცილებით დაბალ დონეზე, ვიდრე თუჯის ხუნდებისა. ეს ძირითადად გამოიხატა იმით, რომ ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირზე ხუნდის ზემოქმედებით განიდა წრიული ღარაკები და ცვმთები, წრიული ჩაჭრები და ღრმულები. გორვის ზედაპირის დაზიანებამ წრიული ჩაჭრებისა და ღარაკების სახით გამოიწვია უკუპროცესი, თვით სამუხრუჭო ხუნდის ფრიქციულ ზედაპირზე მეტალის ნაწილაკებისა და თხელი, შერეული ფენის შექმნა, რამაც დააჩქარა წყვილთვლის მწყობრიდან გამოსვლა თვლის გორვის ზედაპირის დაზიანების გამო. კომპოზიციური ხუნდების სხვადასხვა მასალა გამოცდილ იქნა და ამ მასალის შერჩევის პროცესი დღესაც აქტუალურია.

კომპოზიციური სამუხრუჭო ხუნდების მახასიათებელი პარამეტრების გაუმჯობესების მიზნით საჭირო გახდა დაკვირვებათა ჩატარება ხუნდის ცვეთების მიმართ ვაგონის გარბენისა და საექსპლუატაციო პერიოდის (ხამთარი ან ზაფხული) მიხედვით. დაკვირვებები ჩატარებულ იქნა ძირითადად სამი ტიპის 1- თუჯის; 2 – კომპოზიციური, 8 –2–66 და 3 – კომპოზიციური, 2TP-11 სამუხრუჭო ხუნდის ტექნიკური პარამეტრების მიხედვით. ამასთან დღეს გამოყენებული კომპოზიციური 2TP-11 ტიპის სამუხრუჭო ხუნდის ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში (ცხრ. 1).

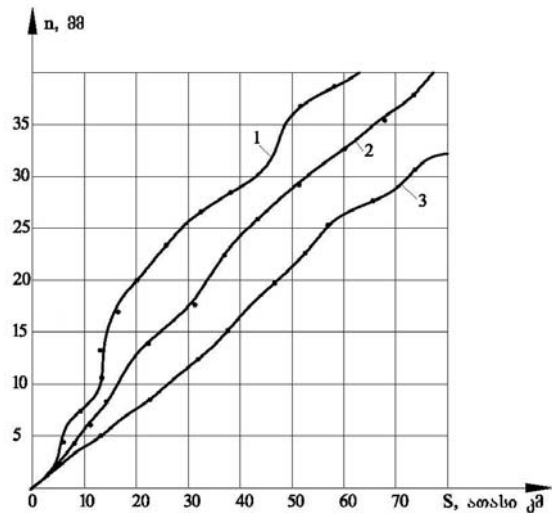
ცხრილი 1

კომპოზიციური 2TP-11 სახის სამუხრუჭო ხუნდის ნომინალური და არსებული ტექნიკური მაჩვენებლები

№	სამუხრუჭო ხუნდის ტექნიკური მაჩვენებლები	ნომინალური	არსებული
1	სიმკვრივე ბრინელის მიხედვით HB 16/187,5/30	1,4±3,0	1,38
2	თვლის გორვის ზედაპირთან ხახუნის კოეფიციენტი (ფლ. 1 ან ფლ. 2)	0,37±0,47	0,39

3	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, მპა	>15	20
4	სიგრძე, მმ	330±10	330±10
5	სიგანე, მმ	80±3	80 <sup>+3</sup> <sub>-1</sub>
6	სისქე, მმ	55±5	55 <sup>+5</sup> <sub>-1</sub>
7	სიმრუდის რადიუსი, მმ	560	560
8	მასა, გრ	2500	2500
9	პოლოგრამიანი სერტიფიკატი	099	099

დაკვირვებას ანთვალისა და შემკეთებელი დეპოს ზოგიერთი სტატისტიკური მონაცემის საფუძველზე გამოკვლეულია დამოკიდებულება სამივე სახის სამუხრუჭო ხუნდის ცვეთებსა და ვაგონის დაფიქსირებულ გარბენს შორის. ამ დამოკიდებულების გრაფიკები შეიძლება წარმოვადგინოთ იქნეს ასეთი სახით:



ნახ. 1. სამუხრუჭო ხუნდების ცვეთების (n) და ვაგონის გარბენის (S) დამოკიდებულების დიაგრამები

მოცემულ გრაფიკებზე 1, 2 და 3 მრუდი შესაბამისად ასახავს თუჯის, კომპოზიციური 8 – 2–66 და არსებული კომპოზიციური, 2TP-11 ხუნდების ცვეთების დამოკიდებულებას ვაგონის გარბენის ერთნაირ მნიშვნელობებთან. მრუდები აგებულია ხუნდების ცვეთების ერთსახელა წერტილების შეერთების გზით. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, უკეთესი ტექნიკური მონაცემებით ხასიათდება ხმარებაში მყოფი 2TP-11 სახეობის კომპოზიციური ხუნდი, რაც დასტურდება შემდეგი ცხრილური მონაცემებით (ცხრ. 2).

ცხრილი 2  
ვაგონის გარბენისა და თვლის საშუალო ცვეთის დამოკიდებულების პარამეტრები

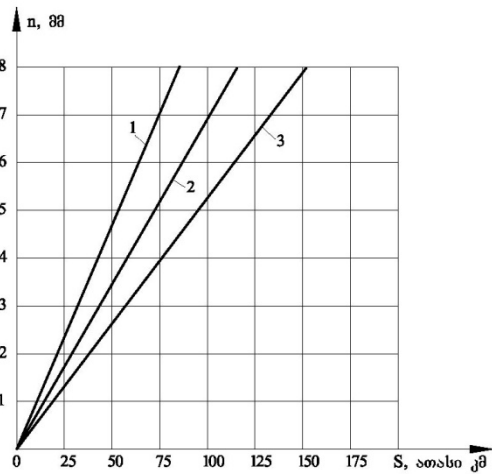
ხუნდების სახეობა	ცვეთა 1000 კმ გარბენზე, n მმ	ცვეთის მნიშვნელობა სამუხრუჭო 1 კმ მანძილზე, n მმ
1. თუჯი	1,1±1,15	0,035±0,038
2. კომპოზიციური 8-2-66	0,70±0,75	0,027±0,029
3. კომპოზიციური, 2TP-11	0,20±0,21	0,006±0,007

მოცემული ხუნდებიდან ყველაზე დიდი ცვეთამდეღობით ხასიათდება კომპოზიციური 2TP-11 სამუხრუჭო ხუნდი, ამიტომ ამ ხუნდის სხვა პარამეტრების გაუმჯობესების მცდელობისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ მისი ცვეთამდეღობა და შევინარჩუნოთ იგი.

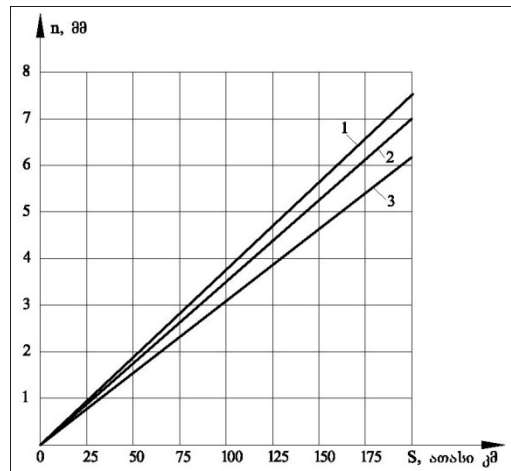
წვეილთვლის თვლების გორვის ზედაპირები ცვდება რელსის თავის გორვის ზედაპირის მიმართ მოძრაობისას და სამუხრუჭო ხუნდის დაწოლის გამო, დამუხრუჭების პროცესში ან მუხრუჭის მუდმივი მოქმედების დროს.

ჩატარებული დაკვირვებებისა და დეპოს სტატისტიკური მონაცემის გამოყენებით აღმოჩნდა, რომ ზამთრის პერიოდში თვლის გორვის ზედაპირი განიცდის მეტ ცვეთებს, ზაფხულის პერიოდთან შედარებით. ეს შეიძლება აიხსნას იმ გარემოებით, რომ ტემპერატურის დაცემისას იზრდება მიწისზედა რკინიგზის ნაგებობების სიმტკიცე, უარესდება მორავე შემადგენლობის დინამიკური მახასიათებლები, ამავე დროს იცვლება კომპოზიციური ხუნდის თვისებები, იზრდება იმის შესაძლებლობა, რომ მიიკრას თვლის გორვის ზედაპირიდან მეტალის ნაწილაკები დ ა.შ..

ვაგონის წვეილთვალი, ტექნიკური პირობების თანახმად, ითვლება გამართულ მდგომარეობაში, თუ სხვა პირობებთან ერთად მისი თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთა არ აღემატება 7 მმ-ს. წინააღმდეგ შემთხვევაში წვეილთვალი გამოგორდება და თვლები შემოიჩარხება სპეციალურ სტენდზე გორვის ზედაპირის პროფილის ნორმალის მიხედვით. დაკვირვებების შედეგად განსაზღვრულ იქნა სამუხრუჭო ხუნდისა და რელსის თავთან ხახუნის ზემოქმედებით ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთის მნიშვნელობა ვაგონის გარბენის მიხედვით ზამთრის პერიოდში. მიღებული შედეგები შეიძლება აიხსნოს დიაგრამის მიხედვით (ნახ. 2).



ნახ. 2. ვაგონის წვეილთვლის ერთ-ერთი თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთა (n) ვაგონის გარბენის (s) მიხედვით ზამთრის პერიოდისათვის



ნახ. 3. ვაგონის წვეილთვლის ერთ-ერთი თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთა (n) ვაგონის გარბენის (s) მიხედვით ზაფხულის პერიოდისათვის

დიაგრამების ანალიზი (ნახ. 2) საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ უკეთესი საექსპლუატაციო პირობებით ხასიათდება კომპოზიციური ხუნდი 2TP-11.

დაკვირვებების შედეგების მიხედვით ვაგონის თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთებსა და ვაგონის გარბენს შორის დამოკიდებულება ზაფხულის პერიოდისათვის შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გრაფიკის მიხედვით (ნახ. 3).

როგორც ჩანს, ტემპერატურული ზრდის ფაქტორი ამცირებს (ნახ. 3) თვლის გორვის ზედაპირის ცვეთების მნიშვნელობებს და კომპოზიციური 2TP-11 ხუნდის გამოყენება უზრუნველყოფს თვლის გორვის ზედაპირების ნაკლებ ცვეთას სხვა ხუნდებთან შედარებით. ეს ნათლად ჩანს შემდეგი ცხრილის მიხედვით (ცხრ. 3).

ცხრილი 3  
ვაგონის გარბენის დამოკიდებულება თვლის  
საშუალო ცვეთისა ( $n < 7$  მმ) და წვეილთვლის  
შემოწარხვის (გამოგორების) შესაბამისი  
ცვეთის მნიშვნელობასთან ( $n > 7$  მმ)

ხუნდების სახეობა	თვლის ცვეთა 140 000 კმ გარბენის შემდეგ, n მმ	n>7 მმ ცვეთის შესაბამისი ვაგონის გარბენი, ათასი კმ
4. თუჯი	4,9÷5,1	200,0÷210,0
5. კომპოზიციური 8- 2-66	4,7÷4,9	220,0÷250,0
6. კომპოზიციური, 2TP-11	3,5÷3,9	300,0÷310,0

მიღებული შედეგების მიხედვით შეიძლება  
მიახლოებით განისაზღვროს ვაგონის წვე-  
ილთვლებისა და სამუხრუჭო ხუნდების ხანგამ-  
ძლეობის რესურსი, რაც მისი შემდგომი დაკონ-  
კრეტების მიზნით უფრო ზუსტ გაანგარიშებებს  
მოითხოვს.

### 3. დასკვნა

ვაგონის სამუხრუჭო ხუნდებისა და წვეილ-  
თვლების ცვეთების ანალიზი, ჩატარებული მრავალ-  
თვიანი დაკვირვებებისა და ვაგონშემკეთებელი  
დეპოების სტატისტიკური მონაცემების სა-  
ფუძველზე, წარმოადგენს მასალას, რომლის  
მიხედვითაც შესაძლებელია დადგინდეს კომპო-  
ზიციური ხუნდების გავლენა წვეილთვლების  
მუშაობის ხანგრძლივობაზე და შეფასება მიეცეს  
წვეილთვლების ამ პროგნოზირებად პარამეტრს  
ვაგონის გარბენის მნიშვნელობასთან და-  
მოკიდებულებაში. ხუნდებისა და ვაგონის თვლე-  
ბის გორვის ზედაპირების ცვეთების მნიშვნე-

ლობათა დადგენა, სხვა მოქმედი ფაქტორები-  
სა და დინამიკური ძალების გათვალისწინებით,  
არის მეტად რთული და ამავე დროს აუცილებელი  
კვლევის ამოცანა ხუნდების მასალის  
შერჩევისა და სამუხრუჭო კვანძის გაუმჯობესე-  
ბის თვალსაზრისით.

### ლიტერატურა

- Hyun Wooklee, Carvel Holton, Carina Sandu. Wheel-  
rail dynamic model and stochastic analysis of the  
friction in the contact patch//Transactions of ASME  
2010 Joint Rail Conference (JRC 2010). April 27-29,  
2010, Urbana, Illinois, USA. t. I. PN:JRC 2010-36229.
- Scott Cummings, Tom Mc Cabe. Brake shoes and  
mechanical shelling // Trans. of ASME RTDF 2008 In-  
tern. Techn. Conference, September 24-25, Chicago,  
Illinois, USA, 2008. v. 1, PN: RTDF 2008-74025.  
Четвергов Е.С.
- Надежность локомотивов. Омск: Зап. сибирское  
книжное издательство, 2002. – 215 с.
- Шарашенидзе Г.С., Шарашенидзе С.Г. Влияние  
износа элементов шарнирных соединений на уп-  
руго-поперечные колебания рычагов тормозной  
передачи пассажирского вагона // Научные  
труды ГТУ, № 2(476), Тбилиси, 2010, с. 122-125.
- Шарашенидзе Г.С., Куртанидзе П.Р. Исследование  
автоколебательного процесса колодок  
моторного вагона электропоезда с учётом  
зазоров в шарнирных соединениях // Научные  
труды ГТУ, № 2(476), Тбилиси, 2010, с. 118-122.
- გ. შარაშენიძე, თ. დუნდუა. ვაგონების სამუ-  
ხრუჭო ბერკეტული გადაცემის ელემენტების  
საექსპლუატაციო მუშაობის ანალიზი ცვეთე-  
ბის გათვალისწინებით // სტუმ-ს სამეცნიერო  
შრომები № 1(479), თბილისი, 2011, გვ. 59-62.

UDC 62-592.1

## INFLUENCE OF BRAKING COMPOSITE SHOES ON DURABILITY OF THE CARRIAGE WHEEL - PAIRS

G. Sharashenidze, T. Dundua, P. Kurtanidze, S. Sharashenidze, T. Motsonelidze

Department of transport, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is presented a brief analysis of carriage brake shoes working. There is shown the effect of iron cast and composite shoes relating to the running surface of the wheel. There is obtained the dependence between the shoes deterioration and mileage of carriage. For different period of the year are defined the values of the carriage wheels running surface deteriorations, according to the depot repair and long-term observation, than get the relationship between the brake shoes deterioration and durability of the wheel - pairs. There are given the results in the form of diagrams. On mileage of carriage and durability of brake shoes operation of various type brake shoes is defined rounding period of wheels rolling surface and putting out of operation of carriages wheel - pairs. There is shown that the duration of this period is determined by the maximum value of deterioration of wheels rolling surface. Results of the observations are given by diagrams and tables.

**Key words:** brake shoe; shoes deteriorations; cast iron and composite shoes; roll surface; mileage of carriage.

---

УДК 62-592.1

**ВЛИЯНИЕ ТОРМОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОЛОДОК НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ РАБОТЫ КОЛЁСНЫХ ПАР ВАГОНА**

**Шарашенидзе Г.С., Дундуа Т.Дж., П.Р. Куртанидзе, Шарашенидзе С.Г., Моцонелидзе Т.Ш.**

Департамент транспорта, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** В работе представлен краткий анализ работы тормозных колодок вагона. Показано влияние чугунных и композиционных колодок относительно поверхности катания колеса вагона. Получена зависимость между износом колодок и пробегом вагона. Для разных периодов года установлены значения износа поверхности катания колеса вагона, по данным деповского ремонта и долгосрочного наблюдения, в результате чем получается зависимость между износом тормозной колодки и долговечностью работы колёсных пар. Результаты даются в виде диаграмм. По пробегу вагона и продолжительности работы тормозных колодок разного вида установлен период обточки поверхности катания колеса и изъятия из эксплуатации колёсной пары вагона. Показано, что продолжительность этого периода определяется максимальным значением износа поверхности катания колеса. Результаты наблюдений даны при помощи графиков и таблиц.

**Ключевые слова:** тормозная колодка; износ колодки; чугунные и композиционные колодки; поверхность катания; пробег вагона.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად  
13.07.2011*



## ბიზნეს-ინჟინერინგი

შაკ 930.9

სასწავლებელთა მზრუნველი და მოამბე

ა. დიასამიძე

საზოგადოებრივ მეცნიერებათა დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: a.diasamidze@inbox.ru

**რეზიუმე:** სტატიაში განხილულია XIX საუკუნის საქართველოს ეროვნულ-განმათავისუფლებელი მოძრაობის აქტიური მოღვაწის და დიდი ქველმოქმედის გრიგოლ გურიელის მოღვაწეობის შესახებ. იგი გახლდათ ქართველთა შორის წერა-კითხვის გამავრცელებელი საზოგადოების საპატიო წევრი და დიდი მოამბე. გრიგოლ გურიელი წლების განმავლობაში იყო ოზურგეთის საერო სასწავლებლების საპატიო მზრუნველი და მეთვალყურე. იმ პერიოდში არსებულ სირთულეთა მიუხედავად, მან ძალიან ბევრი რამ გააკეთა საერო თუ სასულიერო სასწავლებლებისათვის. როგორც სათანადო წყაროებიდან ირკვევა, გ. გურიელმა ყველაზე დიდი ამაგი დასდო ოზურგეთის უფასო საქაღებო სკოლას, ოზურგეთის სამოქალაქო სკოლას, ჩიბათის სკოლას, წინამძღვრიანთკარის სამეურნეო სკოლას და ოზურგეთის სასულიერო სასწავლებელს, რომლებსაც სისტემატიურად უწევდა დიდ დახმარებას, როგორც მატერიალურად, ისე მორალურად. ესმარებოდა ღარიბ მოსწავლეებს. განსაკუთრებით იღვაწა მან სამუსლიმანო საქართველოს მოსახლეობის სწავლა-განათლებისათვის. ასე, რომ საერო და სასულიერო სასწავლებლებისადმი გრიგოლ გურიელის მაშინდელი ამაგი დიდია.

**საკვანძო სიტყვები:** მზრუნველი; მოამბე.

### 1. შესავალი

XIX საუკუნის საქართველოს წინაშე მრავალი პრობლემა იდგა. ერის წინსვლა-განვითარება, ქართული ენის გადარჩენა, საქართველოს დამოუკიდებლობისათვის ბრძოლა დიდად იყო დამოკიდებული სწავლა-განათლებაზე, სკოლის მიერ მომავალი თაობის მამულიშვილური გრძნობით აღზრდაზე. ამიტომაც უწოდებდა ბრძენი ილია ჭავჭავაძე სკოლას ქართული სულისა და გულის ამამაღლებელს, გონების გამსხნელს [1:117]. ამიტომაც ერის დიდი მოღვაწენი რუსიფიკატორული რეჟიმის მიუხედავად ყველაფერს აკეთებდნენ საქართველოში ქართული სკოლების გახსნის, მათი

მოქმედებისა და ეროვნულ ნიადაგზე სწავლა-განათლების წარმართვისათვის. მათ შორის გახლდათ მრავალმხრივი ეროვნული მოღვაწე გრიგოლ გურიელი.

### 2. ძირითადი ნაწილი

საერო და სასულიერო სასწავლებლების დიდი მზრუნველი

გრიგოლ დავითის ძე გურიელი (1819-1891) XIX საუკუნის საქართველოს ეროვნულ-განმათავისუფლებელი მოძრაობის აქტიური მოღვაწე [2:8] და დიდი ქველმოქმედი იყო [3]. იგი გახლდათ ქართველთა შორის წერა-კითხვის გამავრცელებელი საზოგადოების საპატიო წევრი და მოამბე [4:12], აღნიშნული საზოგადოების მიერ სწავლა-განათლების და აღზრდის სფეროში ეროვნულ მიზანდასახულობათა ცხოვრებაში აქტიური განმახორციელებელი. მას კარგად ესმოდა, რომ ერის განვითარებისა და გადარჩენის ერთადერთი მძლავრი საშუალება განათლება იყო. ამიტომაც გრიგოლის მრავალგვარ მოღვაწეობაში, როგორც მასწავლებელი სპირიდონ თოფურია აღნიშნავდა, “შესანიშნავია ერთი მისი თვისება, სახელდობრ, მისი გულმტკიცებულება ერის განათლების საქმისათვის, მისი ზრუნვა ოზურგეთის სასულიერო და საერო სასწავლებლებისათვის სამუდამოდ დარჩება და ანდერძად გადაეცემა უფროსისაგან უმცროსსა” [3].

გრიგოლ გურიელი წლების განმავლობაში იყო ოზურგეთის საერო სასწავლებლების საპატიო მზრუნველი და მეთვალყურე [5:82;77:77;284], იმ პერიოდში არსებულ სირთულეთა მიუხედავად, მან ძალიან ბევრი რამ გააკეთა საერო თუ სასულიერო სასწავლებლებისათვის, მათი მატერიალური ტექნიკური ბაზის განსამტკიცებლად. მას მჭიდრო კავშირი ჰქონდა სასწავლებელთა პედაგოგიურ კოლექტივებთან, მოსწავლეებთან, რომლებსაც ეს გონიერი მამულიშვილი აძლევდა სათანადო რჩევა-დარიგებებს, სისტემატურად დახმარების ხელს უწყვიდა როგორც მატერიალურად ისე მორალურად.

როგორც სათანადო წყაროებიდან ირკვევა გრიგოლ გურიელმა ყველაზე დიდი ამაგი დასდო ოზურგეთის უფასო საქაღებო სკოლას,



რომლის ფუნქციონირება დიდ ეროვნულ საქმეს წარმოადგენდა. ამიტომაც გაზეთი „დროება“ 1873 წელს ოზურგეთიდან მიღებული კორესპონდენციის საფუძველზე იტყობინებოდა: „მოდიოდა მიხვეწეთ ერთი ისეთი სულდგმული ჩვენს ოზურგეთში, რომ გულწრფელად, თუნდა ერთი მანეთი იყოს, ოზურგეთის საქალებო სკოლას შესწიროს. მაგრამ ეს არ შეეხება თ. გურიელს, რომელმაც მართლა რომ კარგა ბლომათ დახარჯა ფული.“

აი როგორ მდგომარეობაში არსებობს ეს საქალებო სკოლა: თუ გრიგოლ გურიელმა ეს ერთი წელიწადია, რაც მასწავლებელი დაიქირავა თავისი ხარჯით და ამდენს ხანს ნაცდილობით აქაურ სასულიერო სასწავლებელში სწავლობდენ 18 ქალი-ვაჟი და ესლა ისინი დადიანთიქოს სკოლის საკუთრება სახლში. ამ უკანასკნელთ ზემოხსენებული გურიელი ილაჯგა-წყვეტილი ეუბნება ოზურგეთის საზოგადოებას: ამდენს ხანს მე შემიხანავს სკოლა და შემდეგ ამისა, რაც თქვენა გერჩიოს, ის ჰქენით; მაგრამ, ჩემის მხრით, რაც შემოიძლია, მაინც ხელს არ მოგაკლებო, ესე იგი შეიდ თუმანს ყოველწლივით შემოვიტანო. ჩვენი საზოგადოება ამახედ ბრძნულად გაჩუმდა და გააკრით ეუბნება, როგორც გერჩიოსთ ისრე ქენითო” [6]. ასე, რომ საქალებო სასწავლებელს გრიგოლ გურიელი კვლავ დიდხანს უწევდა მზრუნველობას.

უდიდესი ქველმოქმედება გამოიჩინა გრიგოლ გურიელმა ოზურგეთის სასულიერო სასწავლებლისადმი. როგორც ცნობილია გურიის სასულიერო სამრევლო სასწავლებელი გაიხსნა 1846 წლის 14 აპრილს [7:17], რომელიც ჯერ ორკლასიანად, შემდეგ სამკლასიანად, ხოლო 1876-1877 სასწავლო წლიდან ოთხკლასიანად გადაკეთდა [7:97]. სასწავლებელს დიდხანს აწესებდა სუსტი მატერიალური-ტექნიკური ბაზა, სახსრებისა და ბინის უქონლობა [7:97]. სკოლისათვის საკუთარი ბინის შექმნის საკითხი იმ დღიდან დაისვა, როცა სასწავლებელი დაარსდა, თუმცა ამ პრობლემის მოგვარება უსახსრობის გამო დიდხანს ვერ მოხერხდა გურიის სამღვდლოებამ სასკოლო შენობისა და ეზოს შექმნის საკითხი საბოლოოდ მხოლოდ გრიგოლ გურიელის დიდი თანადგომით შეძლო. ამას ცხადყოფს იმხანად თვით პოლკოვნიკ გრიგოლ გურიელის განცხადება გურიის ეპარქიის მმართველის ალექსანდრე ეპისკოპოსის (ერისკაცობაში ალექსი დავითის ძე ოქროპირიძე – ა.დ.) სახელზე, რომელსაც ჩვენ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკად. კ. კეკელიძის სახელობის ხელნაწერთა ინსტიტუტში მივაკვლიეთ. განცხადებაში აღნიშნულია:

„თქვენი უმაღლესობის წინადადებაზე, რომელიც ემყარება გურიის სამღვდლო პირთა მიერ შედგენილ ოქმს სასულიერო სასწავლებლისათვის შესასყიდად ჩემი საცხოვრებელი სახლისა და ეზოს 30 ათას მანეთად შეფასებას,

მე ვაცხადებ, რომ ოზურგეთის სასულიერო სასწავლებლის პირობების გაუმჯობესების მიზნით ოზურგეთის სამღვდლოებას ვუთმობ ზემო აღნიშნულ ჩემს სახლს 13 ათას მანეთად, ხოლო დანარჩენ თანხას ვწირავ გურიის სამღვდლოებას სასწავლებლისა და სხვა მისი საჭიროებისათვის“ [8].

ეს მართლაც დიდად სასიკეთო, სამაგალითო და დაუვიწყარი საქმე იყო. ამიტომაც ბუნებრივია, აღნიშნულმა ფაქტმა დიდი კმაყოფილება გამოიწვია, როგორც საქართველოს მთელ სასულიერო წოდებაში, ისე საზოგადოებაში, ხოლო გაზეთმა „დროება“ ყოველივე ზემოთ აღნიშნულს ილია ჭყონიას საკმაოდ ვრცელი კორესპონდენცია მიუძღვნა, რომელშიც ვკითხულობთ:

„ოზურგეთი, 6 ივნისს. ადმინისტრაციის მეოხებით გურიის უკუ-მავალ ცხოვრებამ ორი ბიჯი წარსდგა ამ დღეებში წინ და ორივეჯერ მკვიდრი საძირკველი გაუხვდა თავის შვილების სწავლა-განათლებას.“

პირველი ბიჯი წადმართობისაკენ გახლავთ საქალებო საეპარხიო სკოლის დაფუძნება..

მეორე გახლავთ სამღვდლოებისაგან სახლის და მიწა-წყლის შეძინება სასულიერო სასწავლებლისათვის.

ამ რამდენიმე წლის წინათ აქაურს სამღვდლოებას დრამა ეძლეოდათ ჭირნახულით, მაგრამ მან ითხოვა, რომ ჭირნახულის მაგიერ ეძლიოს კომლზე ორი მანეთი. მთავრობამ შეიწყნარა მათი თხოვნა. მაშინ სულიერ მამებმა გადასწყვიტეს, რომ ნახევარი ამ შემოსავლის ორი წლის განმავლობაში შესწიროს სასულიერო სასწავლებლისათვის სახლისა და ადგილის შეძინებას. ეგ შემოსავალი სულ იყო 28. 000 მან. ქველმოქმედებისათვის ჰქონდათ მამასადამე 14. 000 მან. მიჰმართეს გურიისა და აჭარა-ქობულეთის მოწყალე მამად ცნობილს თ. გრ. გურიელს, რომლის ფრიად დიდი ქვითკირის ერთსართულიანი სახლი და ექვსიოდე ქცევა ბადი და ეზო წყაროებითურთ სამართლიანად ითვლება ოზურგეთის „თვალად“: დაგვიტმეთ თქვენი სახლი და ადგილი და მიირთვიოთ შესაფერი სასყიდელიო, სთხოვეს მას. თ. გრიგოლი დათანხმდა. ამოირჩია ორივე მხარე სანდო პირნი, რომელთაც ეს ქონება დააფასეს 28. 000 მანეთად (გრ. გურიელის განცხადებაში 30. 000 მანეთია მითითებული, საგულისხმებელია, რომ 28. 000 საბოლოო შეფასების მაჩვენებელია, – ა.დ.). სამღვდლოება შეუდგა მზადებას, რათა როგორმე მოეხერხებინა ამ ფულის გადახდა,

მაგრამ ამ დროს თ. გურიელი უცხადებდა მას, რომ იგი თავის მხრით „სწირავს გურიის სამღვდლოებას სასწავლებლისა და სხვა მისს საჭიროებისათვის (მაგ. ეპისკოპოსისათვის სამოსახლოდ) 15 000 მანეთს იმ ფულიდამ, რომელიც მას უნდა მიეცეს სამღვდლოებისაგან, „და თავის ქონებას უთმობს 13.000 მანეთად“. მთელმა

სასულიერო წოდებამ და მასთან მთელმა გურიამ უგულითადესი მადლობა განუცხადეს ამ შეწირულობისათვის გრიგოლ-ქველს”[9].

აღსანიშნავია ისიც, რომ თავისი კუთვნილი სახლისა და ეზომიდან გაყიდვით მიღებული 13. 000 მანეთის უმეტესი ნაწილი, გრიგოლ გურიელმა კვლავ საქველმოქმედოდ გაიღო პეტერბურგის უნივერსიტეტში ქართველი სტუდენტების სწავლასთან დაკავშირებით.

ოზურგეთის სასულიერო სასწავლო ოლქის საბჭოს 1883 წლის 18 მარტს საბოლოოდ გაუფორმებია სასწავლებლისათვის გრიგოლ გურიელის საცხოვრებელი სახლისა და ეზოს შეძენა [7:98], რომელიც საბედნიეროდ დღესაც დგას. იგი ოზურგეთის ეგ. ნინოშვილის სახელობის 1-ელ საშუალო სკოლას ეკუთვნის და კვლავაც მომავალი თაობის აღზრდის სამსახურშია.

რა თქმა უნდა, სასურველი და აუცილებელია, გრ. გურიელის სახელის უკვდავსაყოფად აღნიშნულ სახლს სათანადო მემორიალური დაფა გაუკეთდეს.

ჩვენ მიერ მოკვლეული მაშინდელი წყაროები ცხადყოფს, რომ მოამაგე მამულიშვილს უხვად გაუღია მოწყალება ჩიბათის სკოლისათვისაც, რახედაც სკოლის პედაგოგებისაგან არაერთხელ მიუღია მადლობა. აღნიშნული სკოლის მასწავლებელი წიგნითავე გაზეთ „ივერიის“ რედაქციას სწერდა: „ ნება მომეცით თქვენის გაზეთის შემწევობით გულითადი მადლობა გამოვუცხადო თ. გრიგოლ დავითის ძე გურიელს, რომელმაც ამ დღეებში შემოსწირა ჩიბათის სასწავლებელს რამდენიმე ცალი ქართული წიგნები ჩვენის საუკეთესო მწერლებისა. პატივცემული თავადი გრიგოლი შემდეგისათვისაც ჰპირდება სკოლას შემწევობას. ყოველთვის შემატყობინეთ რა ეჭირება სკოლასო და მზადა ვარ დავგებმაროვო” [10].

შემდგომშიც აღნიშნული და სხვა სასწავლებლებიც სწორედ გრიგოლ გურიელის მზრუნველობითა და ხელშეწყობით, რომ ფინანსდებოდა ამას ჩიბათის სკოლის მასწავლებლის მარკოზ ჯორბენაძის მიერ გაზეთ „ივერიის“ რედაქტორის ილია ჭავჭავაძისადმი გაგზავნილი ბარათიც ცხადყოფს, რომელშიც ნათქვამია:

„ბატონო რედაქტორო!

ნება მიბოძეთ, როგორც ჩემის, ისე მთელის ჩიბათის საზოგადოების მხრით მადლობა გამოვუცხადო თავად გრიგოლ გურიელს, რომელმაც ამ სამის კვირის წინათ შემოსწირა რწმუნებულს ჩემდამი ჩიბათის სკოლას თავისის სამდოლაბიანის წყლის წისქვილისა. ამგვარი უხვი შეწირულობანი საზოგადოდ ოზურგეთის მაზრის სახალხო სკოლების და ნამეტურ კერძოდ ჩემის სკოლის სასარგებლოდ თავად გრიგოლ გურიელის მხრით არაერთხელია. იშვიათია ჩვენში ისეთი სახალხო სკოლა, რომელსაც თავ. გრიგოლი არ დახმარებოდეს. მადლობის ღირსია თავადი გრიგოლ გურიელი მით უმეტეს, რომ ჩიბათის სკოლას თითქმის იმის წყალობით

უცოცხლია დღემდის და თუ კი რაიმე აქვს და სიცოცხლის ნიშანი ადევს, თავადი გრიგოლის შემწევობით არის. ისე წელიწადი არ გაივლის, რომ თავ. გრიგოლ გურიელმა რაიმე შემოწირულობა არ უძღვნას ჩიბათის სკოლას, თუ ფულით, თუ რაიმე სასწავლო ნივთიულობით. ზემოხსენებული წისქვილი განუწყვეტილად ჰმუშაობს, გარდა ზაფხულის თვეებისა, როცა გოლვის გამო წყალი უშრება, როგორც ამბობენ, ამ წისქვილიდამ, სულ ცოტა რომ ვსთქვათ, სამი თუმანი შემოსავალი ექნება სკოლას წელიწადში”[11].

სანიშნავად ასრულებდა რა ქართველთა შორის წერა-კითხვის გამავრცელებელი საზოგადოების საპატიო წევრის და საერო სასწავლებლების საპატიო მზრუნველის მისიას, გრიგოლ გურიელი ყურადღებას მიაპყრობდა, როგორც სკოლების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის განმტკიცების საქმეს, ასევე იგი დიდ შემწევობას იხენდა ღარიბ მოსწავლეთა მიმართ, რათა მათაც ჰქონოდათ წიგნები, შესძლებოდათ ცოდნის მიღება. საამისოდ მრავალ მაგალითთან გან კვლავ გაზეთ „ივერიიდან“ სანიშნავად მოვიტანთ ოზურგეთიდან გაგზავნილ იმ კორესპონდენციას, რომელიც გვაუწყებს:

„ ამ დღეებში პატივცემულმა თავადმა გრ. დ. გურიელმა აქაურს საქალაქო სკოლას შესწირა ხუთასი მანეთი. ეს ფული სკოლამ უნდა შეინახოს სახელმწიფო ბანკში და იმის სარგებლით ყოველ წლივ შეიძინოს ღარიბ შეგირდთათვის სასწავლო წიგნები. ეტყობა, თავად გრიგოლს, საპატიო მზრუნველს სკოლისას, კარგად მოეხსენება რა წვალებაში არიან აქაური ღარიბი შეგირდები უწიგნობის გამო”[12].

აღნიშნულ სკოლისათვის გრ. გურიელი წინა წლებშიც ჯეროვნად რომ გარჯილა, ამას მის მიერ დიდი მეცნიერისა და ეროვნული მოღვაწისადმი დიმიტრი ბაქრაძისადმი მიწერილი შემდეგი წერილიც ადასტურებს:

„მოწყალეო ჩემო დიმიტრი ზაქარინ!

თანახმად თქვენის წერილისა, რომელიც ამას წინათ მივიღე, შესახებ დანაშთის ათი თუმნის ფულისა, მე სრულის ჩემის კმაყოფილებითა ვისურვებ, რათა თქვენის რჩევისამებრ ისეიღოთ თქვენ ოზურგეთის სამოქალაქო სასწავლებლისათვის შესაწირავთ ის სხვადასხვა წიგნები, რომელთა სიაცაა შედგენილი თვით სასწავლებლის ინსპექტორისა მიერ. ამასთანავე მიახლება და გთხოვთ გამოუგზავნოთ ესრეთი წიგნები ჩემის სახელით ოზურგეთის სამოქალაქო სასწავლებელს, რომელიც ფოჩტის ხარჯს და რაც მეტი მოუნდება წიგნებს, იმასაც წიგნების მიღებისთანავე გაახლებ.

თქვენი მარად ერთგული გრიგოლ გურიელი

10-ს ოქტომბერს, 1886-სა წელსსა”[13].

საგანმანათლებლო დაწესებულების დიდი მოამავის მზრუნელობა წინამძღვრიანთკარის სამეურნეო სკოლასაც არ მოჰკლებია. სკოლის

მმართველი ერ. ნაკაშიძისაგან ვგებულობთ: „წინამძღვრიანთკარის სამეურნეო სკოლის პედაგოგიური რჩევა გულითად მადლობას უძღვნის თავად გრიგოლ გურიელს, რომელმაც შემოსწირა გურული სამეურნეო ხელის იარაღები ზემო სსენებულ სკოლას“ [14].

გრიგოლმა კარგად იცოდა განათლების ფასი და სკოლების როლი ერის წინსვლისა და აღორძინების საქმეში. ამიტომაც განათლების კერებისადმი ყოველდღიურ მზრუნველობას იჩენდა. როცა მამულების მიჯვნა დაუწყიათ, გრიგოლს დაუვალვია სიმონ გიორგის ძე ჭყონიასათვის, გამოენახა შესაფერისი მიწები და 12,12 ქცევა მიწა მიეზომა: ჩიბათის, ჯურუყვეთისა და ჩონხათის სასოფლო სკოლებისათვის [15].

გრიგოლ გურიელს განსაკუთრებული ღვაწლი მიუძღვის სამუსლიმანო საქართველოს ქართველი მოსახლეობის ეროვნული გათვითცნობიერების საქმეში. მას აჭარის მოსახლეობასთან ახლო და სანათესაო ურთიერთობა ჰქონდა და იღწვოდა მათი სწავლა-განათლებისათვის. ამ მიზნით, როგორც გაზეთი „ივერია“ გვამცნობს „გრიგოლ გურიელი მრავალს ქართულს წიგნსა და ჟურნალს ჰგზავნიდა ოსმალეთის საქართველოში და ამ გზით, ჯერ კიდევ შემოერთებამდე ნიადაგს უმზადებდა იქაურ მკვიდრთ შორის წერა-კითხვისა და სწავლა-განათლების დანერგვის საქმეს [16], მათში პატრიოტული სულისკვეთების ამადლებას. ესმარებოდა მათ მატერიალურად და მორალურად. ყოველივე აღნიშნულის გამო იყო, რომ გრიგოლ გურიელი დიდი ავტორიტეტით და პოპულარობით სარგებლობდა მთელს სამაჰმადიანო საქართველოში.

ღვაწლმოსილი მამულიშვილის მიერ საერო და სასულიერო სასწავლებლებისადმი გაწეული დახმარების ფაქტების დეტალურად ჩამოთვლა შორს წავიყვანდა. ამ მიმართებით საკმარისია მისი უხვი ქველმოქმედების წარმოსაჩენად მოყვანილი მაგალითები. ამჯერად აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ კარგი იქნება დღევანდელ პერიოდშიც გამოჩნდებოდნენ მისი მიმბაძველნი, რითაც საგრძნობლად წაადგებოდნენ რესპუბლიკის ზოგადსაგანმანათლებლო, უმაღლეს თუ სასულიერო სასწავლებლებს.

### 3. დასკვნა

როგორც ზემოთ აღნიშნულიდან ჩანს ერის დიდმა ამბადარმა გრიგოლ გურიელმა დიდი ღვაწლი დასდო სწავლა-განათლების საქმეს,

რუსიფიკატორული რეჟიმის პირობებში ქართული სკოლების დაფუძნებასა და მათ ფუნქციონირებას, სასულიერო სასწავლებლებს. ამ მხრივ აღსანიშნავია მისი დაუღალავი და უანგარო ზრუნვა ოზურგეთის უფასო საქალებო სკოლის, ოზურგეთის სამოქალაქო სასწავლებლის, სოფელ ჩიბათის სკოლისადმი და ა.შ. განსაკუთრებით დიდი ამაგი დასდო მან ოზურგეთის სასულიერო სასწავლებელს, რომელსაც ოზურგეთში არსებული თავისი კუთვნილი სახლი და ეზო-მიდამო, რომელიც შეფასებული იყო 28 ათას მანეთად, მიჰყიდა 13 ათას მანეთად, ხოლო 15 ათასი მანეთი ქველმოქმედების სახით შესწირა გურიის სამღვდელთა სასწავლებლებსა და სხვა მისი საჭიროებისათვის. ეს დიდებუნიანი კაცი ასევე ხშირად ამარაგებდა სკოლებს და ღარიბ-ღატაკ მოსწავლეებს წიგნებით და სასწავლო ნივთებით. ასე, რომ გრიგოლ გურიელის მაშინდელი ამაგი დიდია.

### ლიტერატურა

1. ილია ჭავჭავაძე თხზულებათა სრული კრებული. ტომი IV, თბ.; 1955წ.
2. აბელ სურგულაძე, გულო კაიკაციშვილი. ბათუმი 1973წ.
3. გაზ. „ივერია“ №262, 10 დეკემბერი, 1891წ.
4. სცსსა, ფონდი 481, აღწ., 1, საქმე №147, ფ. 12
5. Кавказский Календарь на 1887 год. Тифл., 1886 г.; Кавказский Календарь на 1889 год, Тифл., 1888 г.; Кавказский Календарь на 1890 год, Тифл., 1889 г.; Кавказский Календарь на 1892 год, Тифл., 1891 г.
6. გაზ. „დროება“, №400, 30 ნოემბერი, 1873.
7. გ. ხოსლენკო, მახარაძის პირველი საშუალო სკოლა, თბ. 1962.
8. ხელნაწერთა ინსტიტუტი, ალექსანდრე ეპისკოპოსის ფონდი, საქ. №261. ფ.1.
9. გაზ. „დროება“, №119, 11 ივნისი, 1882.
10. გაზ. „ივერია“, №5, 9 იანვარი, 1887.
11. გაზ. „ივერია“, №96, 11 მაისი, 1888.
12. გაზ. „ივერია“, №235, 4 ნოემბერი, 1889.
13. ხელნაწერთა ინსტიტუტი, დიმიტრი ბაქრაძის ფონდი, საქ. №117, ფ.7.
14. გაზ. „ივერია“, №49, 6 მარტი, 1891.
15. ენსმ, აპოლონ წულაძის მოგონება, ფონდი №123, გვ. 53.
16. გაზ. „ივერია“, №256, 1 დეკემბერი, 1891წ.

---

**UDC 930.9****GUARDIAN AND PHILANTHROPIST OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS****A. Diasamidze**

Department of social sciences, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There is investigated personality of Gregory Gurieli in XIX century (1819-1891), who was an active worker of national liberation movement and the great philanthropist. He was respectful member of the writing-reading spreader society among the Georgian's.

During the years Gregory Gurieli was respectful guardian and supervisor of Ozurgeti national schools. By that time, in spite of difficulties, he has done a lot for national and religious schools, privately for Ozurgety free women's town school, public schools in Ozurgeti, Chibati's school, agricultural school of tzinamdzghvriantkary and Ozurgeti's religious school, which were provided by his material and moral security.

There is also memorable the contribution for the enlightenment for the mussulman population in George.

At last the merit of Gregory Gurieli is invaluable for national and ecclesiastic educational institutions.

**Key words:** guardian; philanthropist.

---

**УДК 930.9****ПОПЕЧИТЕЛЬ И БЛАГОТВАРИТЕЛЬ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ****Диасамидзе А. Н.**

Департамент общественных наук, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** В статье всесторонне исследована личность Григола Давидовича Гуриэли, посвятившего себя делу создания и функционирования грузинских духовных заведений в условиях режима русификации. В этом отношении он проявил неутомимую и бескорыстную заботу о национальном образовании в Грузии, помогал бедствующим учителям и студентам, оказывая им постоянно материальную и моральную поддержку. Неоднократно он делал пожертвования духовным училищам и городским школам.

Отмечается особая заслуга Г. Гуриэли в оказании помощи при создании в Озургети духовной семинарии для дузовенства за счет продажи собственного дома.

**Ключевые слова:** попечитель; благотваритель.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად  
15.11.2011*



**შპს 681.3****ცოდნის წარმოდგენა თეორიულ-გრაფიკული მოდელების საშუალებით****რ. ქუთათელაძე\*, ა. კობიაშვილი**

ეკონომიკისა და ბიზნესის მართვის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 77

E-mail: kutateladze@gtu.ge

**რეზიუმე:** მოცემულია გრაფიკულ წარმოდგენებზე ასაგები მოდელების ძირითადი ტიპების კვლევის შედეგები. ნაჩვენებია მოდელების გრაფის სახით ასახვის ხერხები. წარმოდგენილია მოდელების ასახვის ხერხები გრაფის სახით. გაანალიზებულია გრაფიკული მოდელების სახით ცოდნის წარმოდგენის ძირითადი უპირატესობები.

**საკვანძო სიტყვები:** ცოდნის წარმოდგენა; გრაფიკული მოდელები; ასახვა; ექსპერტული სისტემები.

**1. შესავალი**

ექსპერტული სისტემების, ცოდნის სახების მართვის სისტემებისა და ლოგიკური დასკვნების მიღების ავტომატიზაციის სისტემების დამუშავებისას წამოიჭრება ცოდნის წარმოდგენის პრობლემა, რომელიც გულისხმობს ცოდნის წარმოდგენისა და ორგანიზების მოდელების შერჩევას რაიმე ფორმალისმის გათვალისწინებით.

ცოდნის ფორმალისაციის პრობლემის გადაწყვეტისადმი ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებული მიდგომა არის სასაგნე არეალის კონცეპტუალიზაცია, ანუ მისი წარმოდგენა ერთმანეთთან გარკვეული დამოკიდებულებებით დაკავშირებული ობიექტების სიმრავლის სახით და მისი შემდგომი აღწერა შერჩეული ფორმალური მოდელების საშუალებით. ფორმალურ მოდელებად შეიძლება მოგვევლინოს, მაგალითად, პრედიკატების აღრიცხვა, სილოგისტიკა ან პროდუქციული მოდელები.

**2. ძირითადი ნაწილი**

რთულად აღგორიზებადი ამოცანების გადასაწყვეტად ცოდნის წარმოდგენის დეკლარაციული ხერხების აქტიურმა გამოყენებამ განაპირობა მრავალრიცხოვანი პროგრამული სისტემების შექმნა, რომლებიც უზრუნველყოფს შესაბამის სინტაქსურ საშუალებებს ცოდნის აღწერისათვის და ლოგიკური დასკვნების მიღების მექანიზმების დამუშავებას, რომლებსაც ოპერაციული სემანტიკის დონეზე მხარდაჭერა აქვთ. მაგალითად, ცოდნის წარმოდგენის პროდუქციული მოდელების პროგრამული რეალიზაციისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ობიექტური ორიენტირებული დაპროგრამების ენები ან ლო-

გიკური დაპროგრამების ენები. ამ ენების გამოყენებას გამოთვლითი მოდელების ასაგებად გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობებისა ტრადიციული პროცედურული დაპროგრამების ენებთან შედარებით: ცოდნის წარმოდგენის თვალსაჩინო და ბუნებრივი ფორმა, ლოგიკური დასკვნის ოპერაციული სემანტიკის მხარდაჭერა, ცოდნის ბაზების მართვის საშუალებების არსებობა და მოთხოვნათა ენების განვითარება.

ლოგიკური დაპროგრამების ენების გამოყენება მოდელების სტრუქტურას უწყობს მთელ რიგ სერიოზულ შეზღუდვებს. მაგალითად, პროლოგის ტიპის ლოგიკური დაპროგრამების ენა არის ცოდნა მხოლოდ პროდუქციების სახით, ხოლო ძებნის სიდრმისეული ორგანიზებით ლოგიკური დასკვნების მექანიზმად Lush-რეზოლუციას იყენებს.

მიუხედავად ამისა, ამოცანების დიდი რაოდენობა შეიძლება ფორმალისებულ იქნეს საკმაოდ მარტივი სტრუქტურის მქონე ობიექტების სიმრავლის სახით და მათზე ერთადერთი განმსაზღვრელი დამოკიდებულებით. ამრიგად, ნებისმიერი დასაშვები მოთხოვნა შეიძლება ჩაიწეროს მხოლოდ ერთი დამოკიდებულების საშუალებით, რომელსაც მოცემული მოთხოვნის განმსაზღვრელი ეწოდება. ცხადია, რომ ამასთან, საწყისი მოდელები შეიძლება შეიცავდეს ერთზე მეტ დამოკიდებულებას ობიექტების სიმრავლით.

ერთი განმსაზღვრელი დამოკიდებულების მქონე მოდელების გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს ცოდნის წარმოდგენის ამოცანების ამოხსნისათვის. ასეთი მოდელებისათვის სწორად მოსახერხებელია თვალსაჩინო და ალგორითმულად ეფექტური წარმოდგენის პოვნა გრაფიკული სახით. ამოცანის გრაფიკული წარმოდგენა საშუალებას იძლევა მისი ამოხსნისათვის გამოვიყენოთ გრაფთა თეორიის კარგად დამუშავებული აპარატი, მივიღოთ ბუნებრივი და კარგად ვიზუალიზებული თეორიულ-გრაფიკული ინტერპრეტაცია.

განვიხილოთ მოდელები  $M(O,r)$ , რომელიც შეიცავს ობიექტთა სიმრავლეს  $O$  და ერთ განმსაზღვრელ  $r$  დამოკიდებულებას.  $M$  მოდელების თვისებებისაგან დამოკიდებულებით შეიძლება აიგოს ოთხი სხვადასხვა ტიპის დამოკიდებულება  $M$  მოდელებსა და რაიმე  $G$  გრაფს შორის.

1) გრაფი  $G = (V,E)$  მონიშნულია ელემენტებით  $O$ -დან შემდეგი ასახვის საშუალებით:

$\varphi : V \rightarrow O$ . დავეუშვათ, ნებისმიერი ორი  $X_1, X_2 \in V$  წვეროსათვის  $G$  გრაფი შეიცავს წიბოს  $(X_1, X_2) \in E$  მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $r(\varphi(X_1), \varphi(X_2))$ . ასეთ შემთხვევაში ვიტყვით, რომ  $M$  მოდელი წარმოდგენილია მარტივი  $G$  გრაფის საშუალებით. დადგენილი შესაბამისობა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ასახვით:  $Gr : M \rightarrow G$ . ეს ასახვა განსაზღვრავს ორი მოდელის იზომორფიზმს. მართლაც,  $G$ -ის წვეროების სიმრავლის ასახვა ობიექტთა  $M$  სიმრავლეზე  $\varphi : V \rightarrow O$  წარმოადგენს ბინარულს განსაზღვრების თანახმად, გარდა ამისა,  $Gr$  ჰომომორფიზმია:

$$\forall X_1 \cdot X_2 \in V \quad (X_1 \cdot X_2) \in E \iff r(\varphi(X_1) \cdot \varphi(X_2))$$

2) ახლა განვიხილოთ მოდელი  $M=(O', r)$  ერთი განმსაზღვრელი უნარული  $r$  დამოკიდებულებით  $O'G_2^0$  ელემენტთა სიმრავლეზე. ვთქვათ,  $M$  მოდელი შეესაბამება  $G=(V,E)$  ორიენტირებული გრაფის მარშრუტებს, ანუ არსებობს ასახვა  $Gr : M \rightarrow G_{\mu}$ . დავეუშვათ, რომ გრაფი მონიშნულია ელემენტებით  $O$ -დან

$\varphi : V \rightarrow O$  ასახვის საშუალებით; მაშინ  $r$  დამოკიდებულება ოპტიმალურია და ჩაკეტილი  $2^0$ -ის ელემენტების თეორიულ-სიმრავლური გაერთიანების მიმართ, ანუ ჭეშმარიტია შემდეგი ტოლობები:

$$\begin{aligned} &\forall X_1, \dots, X_n \in O, \\ &\forall i, j (1 \leq i < j \leq n) \\ &(\{X_k | k=1, n\}) \iff r(\{X_k | k=i, j\}) \quad (1) \\ &\forall \{X_i\} \in 2^0, \quad \forall \{X_j\} \in 2^0 \\ &r(\{X_i\}) \&r(\{X_j\}) \iff r(\{X_i\} \cup \{X_j\}) \quad (2) \end{aligned}$$

(1) გამომდინარეობს ზემოთ დადგენილი  $M$  და  $G_{\mu}$  მოდელების იზომორფიზმიდან გრაფის მარშრუტების შემდეგი თვისების გათვალისწინებით:

$$\begin{aligned} &\forall X_1, \dots, X_n \in V, \forall i=1, n-1 \quad (3) \\ &\mu(X_1, \dots, X_i \in M(G) \&\mu(X_{i+1}, \dots, X_n) \in M(G) \iff \mu(X_1, \dots, X_n) \in M(G) \end{aligned}$$

ვთქვათ, მოცემულია მოდელი  $M=(O, r)$ , რომელიც შეესაბამება  $G=(V,E)$  ორიენტირებული გრაფის მარშრუტებს, რადგანაც ეს განსაზღვრულია ზემოთ. მაშინ მოდელი  $M$  ასევე შეესაბამება  $G$  გრაფის რკალებს. ასეთი შესაბამისობის არსებობა უშუალოდ გამომდინარეობს ოპტიმალურობის თვისებიდან (1).

3) განვიხილოთ  $M$  მოდელი ერთი განმსაზღვრელი ბინარული  $r$  დამოკიდებულებით და ორიენტირებული ორნაწილიანი გრაფი  $G=(V_1 \cup V_2, E)$ , რომელიც მონიშნულია ელემენტებით  $O$ -დან  $\varphi_1 : V_1 \rightarrow O$  და  $\varphi_2 : V_2 \rightarrow O$  ასახვის მეშვეობით. ვთქვათ, ნებისმიერი ორი წვეროსათვის  $X_i \in V_1, X_j \in V_2$  გრაფი  $G$  შეიცავს რკალს  $(X_i, X_j) \in E$  მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $r(\varphi_1(X_i), \varphi_2(X_j))$ . ასეთ შემთხვევაში ვიტყვით,

რომ  $M$  მოდელი წარმოდგენილია ორი ორნაწილიანი  $G$  გრაფის საშუალებით. დადგენილი შესაბამისობა წარმოვადგინოთ  $Gr : M \rightarrow G$ . ასახვის საშუალებით, რომელიც განსაზღვრავს ორი მოდელის იზომორფიზმს, თუ  $M$ -ის ობიექტებად ავიღებთ ინდექსირებულ ელემენტებს  $\{O_i | i=1\} \cup \{O_{ij} | i=1, n+1\}$ - დან, სადაც  $n$  არის  $O$ -ში ელემენტების რაოდენობა.

4) განვიხილოთ  $M$  მოდელი ერთი განმსაზღვრელი  $n$ -არული დამოკიდებულებით  $r$  და ჰიპერგრაფი  $G=(V,E, I)$  სადაც  $V$  არის  $G$ -ის წვეროების სიმრავლე,  $E$  -  $G$ -ის წიბოების სიმრავლე და  $I$  ინციდენტობის დამოკიდებულება. დავეუშვათ, რომ  $G$  გრაფი მონიშნულია  $\varphi : V \rightarrow O$  ასახვის საშუალებით.  $M$  მოდელი წარმოდგენილია  $G$  ჰიპერგრაფის სახით, თუ ნებისმიერი წვეროსათვის  $X_1, \dots, X_n \in V$  გრაფი  $G$  შეიცავს რკალს  $e \in E$ , რომელიც  $\{X_1, \dots, X_n\}$ -ის ინციდენტურია მაშინ და და მხოლოდ მაშინ, როცა  $r(\varphi(X_1), \dots, \varphi(X_n))$ . დადგენილი შესაბამისობა წარმოვადგინოთ  $Gr : M \rightarrow G_H$  ასახვის სახით, რომელიც ორი მოდელის იზომორფიზმს განსაზღვრავს.

$r$ -ის  $n$ -არული დამოკიდებულება  $M$  მოდელში შეიძლება გავიგოთ როგორც უნარული დამოკიდებულება  $2^0$  სიმრავლიდან  $n$ -ეულებს შორის, და პირიქით. გარდა ამისა, თუ არსებობს ასახვა  $Gr : M \rightarrow G_H$ , მაშინ არსებობს აგრეთვე ასახვა  $Gr : M \rightarrow G_{\mu}$ . ზოგადად საწინააღმდეგო მტკიცება ჭეშმარიტი არ არის. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ჰიპერგრაფი ინვარიანტულია მომიჯნავე წვეროების გადანაცვლების მიმართ: თუ წვეროების სიმრავლე  $\{X_1, \dots, X_n\}$  ინციდენტურია რომელიმე  $e$  წიბოს მიმართ ჰიპერგრაფში, მაშინ ნებისმიერი  $\pi$  გადაცვლებისათვის სიმრავლე  $\{X\pi_{(1)}, \dots, X\pi_{(n)}\}$  აგრეთვე ინციდენტური იქნება  $e$  წიბოსათვის.

განვიხილოთ გრაფიკული მოდელის აგება წვევტების გავრცელების ამოცანისათვის. ამისათვის განვიხილოთ კვაზიწრფივი ჰიპერბოლური განტოლება:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} (\varphi(U' x)). \quad (4)$$

სადაც  $\varphi(U' x)$  არის სამრგოლიანი ამონე-ქილი ტეხილის სახის მკაცრად მონოტონურ ფუნქციას. არსებობს მოდელი [2] კოშის განტოლების ლოკალური ამოცანის განზოგადებული ამონახსნების გამოსაკვლევადაც (0,0) წერტილის ნახევარ არეში. ამ მოდელის საფუძველზე აგებულ იქნა გამოთვლითი მოდელი prolog-ის ენაზე. ეს მოდელი შეიცავს სტრუქტურის მხრივ ერთგვაროვანი ტიპის ობიექტებს, რომლებსაც წვევტები ეწოდება, და ერთ  $r$  დამოკიდებულებას, რომელიც განსაზღვრულია წვევტების მიმდევრობის სასრულ სიმრავლეზე.



დავუშვათ,  $B$  ყველა წვეტის სიმრავლეა. გამოსაკვლევი ამოცანისათვის  $S$ -ით აღნიშნულ წვეტების სასრული მიმდევრობების სიმრავლე. ვთქვათ,  $X \in S$ , მაშინ  $r(X) \iff X \in D$ , სადაც  $D$  ყველა დიაგრამის სიმრავლეა. აგებული მოდელი გარდაისახება ისეთნაირად, რომ შესაძლებელი იყოს ოპტიმალურობის პირობისა (1) და შემოსაზღვრულობის პირობის (2) შესრულება წვეტების მიმდევრობის გაერთიანების ოპერაციის მიმართ.

განვსაზღვროთ ორიენტირებული გრაფი  $G_B = (V, E)$ , რომელიც  $B$  ელემენტებითაა მონიშნული  $\varphi : V \rightarrow B$  ასახვის საშუალებით.  $G_B$  გრაფი არ შეიცავს ჯერად წიბოებსა და მარყუქებს. ნებისმიერი ორი წვეტისათვის  $X_i, X_j \in V$  გრაფი  $G_B$  შეიცავს რკალს  $(X_i, X_j) \in E$  მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $(\varphi(X_i), \varphi(X_j)) \in D$ .

შემოსაზღვრულობის თვისებების შესრულებისა და (3)-ის შესაბამისად არსებობს იზომორფიზმი  $D$  და  $M(G_B)$ :  $\forall X_1, \dots, X_n \in V$  სიმრავლეებს შორის

$$\mu(X_1, \dots, X_n \in M(G_B) \iff (\varphi(X_1), \dots, \varphi(X_n)) \in D$$

გრაფი  $G_B$  შეიცავს  $\{(X, Y) \mid X, Y \in B \& (X, Y) \in D\}$  სიმრავლის სიმძლავრის ტოლი რკალების რაოდენობას.  $G_B$  გრაფი არ შეიცავს ციკლებს, რადგანაც ყველა დიაგრამას აქვს სასრული სიგრძე.

### 3. დასკვნა

ზემოთ განხილულმა კონცეპტუალური სქემების წარმოდგენის საშუალებებმა გრაფიკული მოდელების სახით გვიჩვენა ამ წარმოდგენის ეფექტურობა. გრაფიკული წარმოდგენის ამა თუ იმ ხერხის გამოყენების მიზანშეწონილობა დამოკიდებულია შესაბამისი მოდელის სტრუქტურაზე.

არსებობს კომპიუტერული სისტემების მთელი რიგი, რომლებიც მომხმარებელს ეხმარება მოცემული სტრუქტურის მიხედვით გრაფის აგებაში, მაგრამ ეს სისტემები, როგორც წესი, არ ითვალისწინებს გრაფიკული მოდელის სემანტიკას, არ შეიცავს მომხმარებლისათვის ხელმისაწვდომ მეტაცოდნის აღწერის საშუალებებს გრაფის აგების წესების შესახებ. სემანტიკური ინფორმაციის გამოყენება საშუალებას იძლევა მოხდეს ინტერაქტიული მიდგომის რეალიზება. გრაფების აგების წესების აღწერაში მეტაცოდნის არსებობა განაპირობებს გრაფის აგების მეთოდების შესახებ მომხმარებლის ცოდნის გამოყენების შესაძლებლობას.

ცოდნის კონცეპტუალური წარმოდგენის ავტომატიზაციის სისტემების გამოყენება შესაძლებელია:

- როგორც საბოლოო რგოლის, კონცეპტუალური მოდელირების და მონაცემთა ნაკადების საინფორმაციო სისტემებში;
- ცოდნის ბაზის სისტემებში ცოდნის წარმოდგენისას და ცოდნის მოდელების გარდასახვაში;
- ლოგიკური დასკვნების მიღების დროს ავტომატიზაციის სისტემებში გრაფებზე მსჯელობის ასაგებად.

### ლიტერატურა

1. Клошин У., Мелиш К. Программирование на языке Пролог. – М. : Мир, 1987. - 336 с.
2. Batini C., Nardelli E., Talamo M., Tamassia R. "GINCOD": a Graphical Tool for Conceptual Design of Data Base Applications", in Computer Aided Data Base Design. Ed. A. Albano et al., North Holland, 1999, pp. 85-92.

## UDC 681.3

## THEORETICAL-GRAPHICAL MODELS OF KNOWLEDGE REPRESENTATION

R. Kutateladze, A. Kobiashvili

Department of economics and business management, Georgian Technical University, 77, Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia

**Resume:** There are presented the results of research of principal types of models built on graphical representation. There are shown the techniques of reflection of a model in the form of a graph. There are analyzed main advantages of knowledge representation as graphical models.

**Key words:** knowledge representation; graphical models; reflection; expert systems.

УДК 681.3

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИКО-ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Кутателадзе Р. Г., Кобиашвили А. А.**

Департамент управления экономикой и бизнесом, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава, 77

**Резюме:** Даны основные результаты исследования основных типов моделей, строящихся на графовом представлении. Показаны способы отображения модели в виде графа. Проанализированы основные преимущества представления знаний в виде графовых моделей.

**Ключевые слова:** представление знаний; графовые модели; отображение; экспертные системы.

---

*მიღებულია დასაბუჯდად  
22.09.2011*

## ავტორთა საძიებელი

## Author's index

## Указатель авторов

ანანიაშვილი გ. 43	ქუთათელაძე რ. 67
ანდღულაძე ნ. 39	ყოფიანი გ. 9
ანდღულაძე შ. 39	ყოფშიძე ზ. 43
ბერიძე გ. 28	ყოფიანი გ. 14
გრიგოლიშვილი ა. 18	შარაშენიძე გ. 51, 57
ღიასამიძე ა. 62	შარაშენიძე ს. 57
დუნდუა თ. 51, 57	შარვაშიძე ა. 51
თედლიაშვილი ქ. 28	ჩადუნელი ა. 43
კობიაშვილი ა. 67	ჩიქოვანი დ. 9, 14
კოტრიკაძე დ. 32	ცინცაძე ა. 39
კურტანიძე პ. 51	ციხელაშვილი ზ. 18
კურტანიძე პ. 57	ცხვედაძე რ. 9
მაისურაძე ნ. 28	ჯერენაშვილი გ. 18
მახაშვილი ქ. 18	Мачарашвили Н.Д. 47
მოწონელიძე თ. 57	Топурия С.Б. 47
სარუხანიშვილი ა. 32	Циклаური З.И. 47

## ავტორთა საყურადღებოდ!

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომების კრებული არის რეგულარული პერიოდული გამოცემა, რომელიც გამოიცემა წელიწადში ოთხჯერ (პირველი ნომერი მოიცავს პერიოდს 1 იანვრიდან 31 მარტამდე, მეორე ნომერი - 1 აპრილიდან 30 ივნისამდე, მესამე ნომერი - 1 ივლისიდან 30 სექტემბრამდე და მეოთხე - 1 ოქტომბრიდან 31 დეკემბრამდე).

კრებულის დანიშნულებაა მეცნიერების განვითარების ხელშეწყობა, მეცნიერთა და სპეციალისტთა მიერ მოპოვებული ახალი მიღწევების, გამოკვლევათა მასალებისა და შედეგების ოპერატიულად გამოქვეყნება.

სტატიების მიღება შესაძლებელია ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე (ქვეყნდება ორიგინალის ენაზე).

ავტორს შეუძლია მხოლოდ ორი სტატიის მოწოდება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელთათვის სტატიის გამოქვეყნება უფასოა.

სტატიის ავტორთა რაოდენობა ხუთს არ უნდა აღემატებოდეს.

კრებულში ქვეყნდება სტატიები მეცნიერული კვლევების ახალი შედეგების შესახებ შემდეგი თეორიული და გამოყენებითი დარგების მიხედვით:

- მშენებლობა
- ენერგეტიკა, ტელეკომუნიკაცია
- სამთო-გეოლოგია
- ქიმიური ტექნოლოგია, მეტალურგია
- არქიტექტურა, ურბანისტიკა, დიზაინი
- ინფორმატიკა, მართვის სისტემები
- სატრანსპორტო, მანქანათმშენებლობა
- ჰუმანიტარულ-სოციალური
- ნაგებობების, სპეციალური სისტემებისა და საინჟინრო უზრუნველყოფის ინსტიტუტი.

გთავაზობთ სამეცნიერო სტატიის გაფორმების წესს:

- ნაშრომის მოცულობა განისაზღვრება A4 ფორმატის ქაღალდის 1,5 ინტერვალით ნაბეჭდი 5-7 გვერდით (მინდვრები 2 სმ) ნახაზების, გრაფიკების, ცხრილების და ლიტერატურის ჩამონათვალით;
- სტატია შესრულებული უნდა იყოს DOC ფაილის სახით (MS-Word) ჩაწერილი ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე;

- ქართული ტექსტისთვის გამოიყენეთ Acadnux შრიფტი, ზომა 12;
- ინგლისური და რუსული ტექსტის შრიფტი - Times New Roman, ზომა 12;
- სტატიის თავი უნდა შეიცავდეს შემდეგ ინფორმაციას:
  - უაკ-ს (უნივერსალური ათწილადი კლასიფიკაცია);
  - ავტორის/ავტორების სახელს, მამის სახელს, გვარს;
  - ავტორის/ავტორების ელექტრონული ფოსტის მისამართს და საკონტაქტო ტელეფონს;
  - დეპარტამენტის დასახელებას სამივე ენაზე;
  - საკვანძო სიტყვებს სამივე ენაზე.
- სტატიაში ქვესათაურებით გამოკვეთილი უნდა იყოს შესავალი, ძირითადი ნაწილი და დასკვნა;
- ნახაზების ან ფოტოების კომპიუტერული ვარიანტი შესრულებული უნდა იყოს TIFF ფორმატში გარჩევადობით 150 dpi;
- სტატიას უნდა ახლდეს რეზიუმე ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე;
- სტატია შედგენილი უნდა იყოს წიგნიერად, სწორმეტყველებისა და ტერმინოლოგიის დაცვით, სტილისტური და ტექნიკური შეცდომების გარეშე;
- ავტორი/ავტორები პასუხს აგებს სტატიის შინაარსსა და ხარისხზე.

გთავაზობთ სტატიის წარმოდგენისთვის საჭირო დოკუმენტაციის ჩამონათვალს:

- ორი რეცენზია;
- ფაკულტეტის სწავლულ ექსპერტთა დარგობრივი კომისიის სხდომის ოქმის ამონაწერი;
- ფაკულტეტის ან მიმართულების სემინარის ოქმის ამონაწერი.



---

### **To the authors attention!**

Transactions of Georgian Technical University represents reviewed, periodical edition, which there is published four times in year. (the first number includes the period from 1 January to 31 March, the second number - from 1 April to 30 June, the third number - from 1 July to 30 September and the fourth - from 1 October to 31 December).

Purpose of collection is assistance of science development, new achievements of scientists and specialists, operative publication materials and results of scientific researches.

The articles are accepted in Georgian, English and Russian languages (are published in original language).

Author is allowed to present only two articles.

The publication of articles for the workers of Georgian Technical University is free of charge.

The amount of authors of article mustn't exceed 5.

In transactions are published articles about new results of scientific researches according to the following theoretical and applied sphere:

- Building
- Energetics, telecommunication
- Mining-geology
- Chemical technology, metallurgy
- Architecture, urbanist, design
- Informatic, systems of management
- Transport, engineering industry
- Humanitarian-social
- Institute of buildings, special systems and engineering maintenance

There is offered the rule of official registration of scientific articles:

- The volume of work is determined A4 paper size at 1,5 line spacing 5-7 printed page (margins - 2cm) draughts, diagrams, tables and a list of literature.
- The article should be carried out in form file DOC (MS-WORD), written down on any magnetic carrier
- For Georgian text is used Acadnux font, size 12
- For English and Russian texts is used font - Times New Roman, size 12;

- 
- The beginning of the article should contain the following informations
    - UDC (Universal Decimal Classification)
    - Name, surname, of author/authors
    - E-mail and contact telephone of author/authors
    - The name of department in all three languages
    - Key words in all three languages
  - In the article with subtitles should be isolated introduction, the body of the article and conclusion
  - Computer version of pictures or photos must be done in size TIFF with the recognition 150 dpi
  - The article should have resume in Georgian, English and Russian languages
  - The article should be written correctly, with the observance terminology, without stylistic and grammatical mistakes.
  - Author/authors are responsible for content and quality of article.

There is offered the following documentation for the article presentation:

- Two reviews;
- Extract from the minutes of a branch commission meeting of faculty learned experts;
- Extract from the seminar minutes of faculty or direction.

## К сведению авторов!

Сборник научных трудов Грузинского технического университета является реферированным периодическим изданием, которое выходит в свет четыре раза в год (первый номер включает период с 1 января по 31 марта, второй номер – с 1 апреля по 30 июня, третий номер – с 1 июля по 30 сентября и четвертый – с 1 октября по 31 декабря).

Назначение сборника – содействие развитию наук, новых достижений ученых и специалистов, оперативная публикация материалов и результатов исследований.

Принимаются статьи на грузинском, русском и английском языках (публикуются на языке оригинала).

Автор может представить только две статьи.

Для сотрудников Грузинского технического университета статьи публикуются бесплатно.

Количество авторов статьи не должно превышать 5.

В сборнике печатаются статьи, касающиеся новых результатов исследований по следующим теоретическим и прикладным отраслям:

- Строительство.
- Энергетика, телекоммуникации.
- Горное дело-геология.
- Химическая технология, металлургия.
- Архитектура, урбанистика, дизайн.
- Информатика, системы управления.
- Транспорт, машиностроение.
- Гуманитарная – социальная.
- Сооружения, специальные системы, инженерное обеспечение.

Предлагаем порядок оформления научных статей:

- Объем работы определяется форматом бумаги А4 с интервалом 1,5, 5-7 печатными страницами (поля = 2см), с перечислением рисунков, графиков, таблиц и списка литературы.
- Статья должна быть выполнена в виде файла DOC (MS-Word), записанного на любом магнитном носителе.
- Для грузинского текста используется шрифт Acadnux, размер 12.
- Для английского и русского текстов – шрифт Times New Roman, размер 12.
- В начале статьи должна содержаться следующая информация:
  - УДК (Универсальная десятичная классификация).
  - Фамилия, имя, отчество автора/авторов.

- 
- Адрес электронной почты автора/авторов и контактный телефон.
  - Название департамента на трех языках.
  - Ключевые слова на трех языках.
  - В статье подзаголовками следует выделить введение, основную часть и заключение.
  - Компьютерный вариант рисунков или фото должен быть выполнен в формате TIFF распознаванием 150 dpi.
  - Статья должна иметь резюме на грузинском, русском и английском языках.
  - Статья должна быть написана грамотно, с соблюдением терминологии, без стилистических и грамматических ошибок.
  - Автор/авторы ответствен/ы за содержание и качество статьи.

Для представления статьи необходимы следующие документы:

- Две рецензии.
- Выписка из протокола заседания отраслевой комиссии ученых экспертов факультета.
- Выписка из протокола семинара факультета или направления.

რედაქტორები: ნ. დოლიძე, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 01.11.2011. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 13.12.2011. ბეჭდვა  
ოფსეტური. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 5. ტირაჟი 100 ეგზ.  
შეკვეთა №

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

