

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

vol. 89, 2019

საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 89, 2019

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი
მთავარი რედაქტორის მოადგილე: ზურაბ ველიჯანაშვილი

სარედაქციო კოლეგია

პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), ი. გორგიძე (საქართველო), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი), ა. ვასილევ (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი), ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო), კ. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო), პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი), რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი), რ. შრაფტი (გერმანია), დ. ჩომახიძე (საქართველო), გ. ჯავახაძე (საქართველო), ა. ჯანახადოვი (აზერბაიჯანი)

სარედაქციო საბჭო

დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი, მ. ფანჩვიძე

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili

Deputy Editor-in-Chief: Zurab Velijanashvili

EDITORIAL BOARD

N. Edilberto (Peru), D. Chomakhidze (Georgia), G. Javakhadze (Georgia), A. Janahmadov (Azerbaijan), P. Bielik (Slovakia), I. Gorgidze (Georgia), B. Gusev (Russia), I. Emri (Slovenia), L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan), K. Kozhogulov (Kyrgyz Republic), B. Katalinich (Austria), P. Kervalishvili (Georgia), V. Kekelidze (Russia), S. Minasyan (Armenia), R. Ginevičius (Lithuania), O. Namicheishvili (Georgia), P. Nikitenko (Belarus), D. Novikov (Russia), A. Pashayev (Azerbaijan), L. Saidmurodov (Tajikistan), R. Shraft (Germany), A. Vasiliev (Ukraine), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

EDITORIAL STAFF:

D. Gorgidze, A. Dolidze, K. Makhashvili and M. Panchvidze

Georgian Engineering News (GEN)LTD

Address: TECHINFORMI, St. Kostava 47, Tbilisi 0179

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD

სარჩევნი

ნეირონული ქსელების აბეზა ერთი ცვლადის ფუნქციითა სპროქსიმაციისათვის <i>ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი თ.მ., რამაზაშვილი მ.თ.</i>	7
О РАЗРЕШИМОСТИ ПЛОСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОДИФФУЗИИ <i>Безугуашвили Ю.А., Качахиძე Н.Д.</i>	21
SUMMABILITY OF KOTELNIKOV DOUBLE SERIES BY LEBESQUE METHOD <i>Skhirtladze I.A.</i>	25
ТЕРМОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ В ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ <i>Горгудзе Д.А., Гулуа Н.Г., Цицкишвили З.А.</i>	27
სამშენებლო-საინჟინრო პროექტების რანჟირების მრავალკრიტერიუმიანი ექსპერტული მეთოდი <i>გორგიძე დ.ა., ხუციშვილი ს.ა., მუსხერიძე რ.რ., ნებიერიძე ნ.გ.</i>	33
<i>Mathcad</i> პროგრამულ გარემოში გამოსახულებათა ვიზუალური პირამიდული კოდირების რეალიზაცია <i>ჩხეიძე ი.მ., რობიტაშვილი ა.ა., კურტანიძე გ.გ., მურჯიკიანი გ.გ.</i>	37
IT პროექტების მართვის მოქნილი (Agile) ტექნოლოგიები SCRUM-ის მახასიათებლები <i>ლომინაძე თ.ნ., ხვედელიძე თ.კ.</i>	41
SCADA სისტემის წარმართვის ამაღლების ხერხი მონაცემთა ბაცვლის დინამიკური სინქრონიზაციით <i>იმნაიშვილი ლ.შ., ბელინიშვილი მ.მ., გასიტაშვილი ზ.ა., ზედგინიძე გ.გ.</i>	46
ანტიმიკრობული ანტიბიოტიკების ნიშანთა სივრცის შერჩევა <i>ჩხაიძე მ.ნ., ბარნოვი ს.კ.</i>	53
მაღლივი უნებების პროგრესირებად რევევასზე ბანანბარიშების საკითხები <i>ზამბახიძე ლ.ი., ურუშაძე ი.გ., ნებიერიძე ნ.გ., წაქაძე ა.გ.</i>	60
ბეტონის დასველება – შრობის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., რუხაძე თ.ა., ტყემალაძე ლ.გ., ქარქუსაშვილი ნ.დ.</i>	63
კორელაციური დამოკიდებულება ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების მახასიათებლებთან მნიშვნელობას შორის <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., რუხაძე თ.ა., ტყემალაძე ლ.გ.</i>	67

ბეტონის თვისებებზე დასველება-შრობის ციკლების ზეგავლენის მიმოხილვა და ანალიზი <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., რუხაძე თ.ა., ტყემალაძე ლ.გ., ქარქუსაშვილი ნ.დ.</i>	71
ფოკუსური მანძილის ბაზომგზა წანაცვლების მეთოდით <i>შალამბერიძე დ.მ., დოლიძე ს.გ., ავალიანი ა.ზ., ზარდიაშვილი დ.გ.</i>	74
ბანახლებადი ენერჯიების გამოყენების მიზნები და ტრანსფორმები <i>ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., არაბიძე ნ.თ., გრიგალაშვილი ა.შ., ფანცხაგა ე.გ.</i>	78
STRUCTURE OF A HAZARDOUS GAS LEAKAGE DETECTOR IN RESIDENTIAL BUILDINGS <i>Prangishvili A.I., Iashvili N.G. and Khutashvili I.B.</i>	82
ბუნებრივი ბაზის უსაფრთხო მოხმარების შესახებ <i>მესტვირიშვილი შ.ა., იაშვილი ნ.გ., გოდერძიშვილი გ.ი., ხუტაშვილი ი.ბ., ქასოშვილი კ.ნ.</i>	84
GaAsP ($0,65 \leq x \leq 1$) მჟარ ხსნარებში და მათ საფუძველზე შექმნილ სტრუქტურებში ლოკალური დიფუზიის მეთოდის გამოკვლევა და დამუშავება <i>ტატიშვილი ქ.გ., გოდერძიშვილი გ.ი.</i>	87
სინათლის გამომსხივებელ სტრუქტურებზე ამრეკლავი და მშთანთქმელი ხელახალირების წარმოქმნის თავისებურებები <i>გოდერძიშვილი გ.ი., ტატიშვილი ქ.გ.</i>	93
ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР НА СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ САЖИ В ПРИСУТСТВИИ РАСПЛАВА Ni – Mn <i>Лоладзе Н.Т., Церодзе М.П., Авалишвили З.А., Заславски С.И.</i>	96
ალმასკომპოზიციური მასალის მიღების ზობიერთი ტექნოლოგიური ასპექტი <i>ლოლაძე ნ.თ., წეროძე მ.პ., ავალიშვილი ზ.ა., ძიძიშვილი ი.გ., ნოზაძე დ.ა.</i>	99
ESTIMATION OF PROCESSES RUNNING DURING THERMAL TREATMENT IN SOME COMPOSITIONS OF Na₂CO₃ - SrCO₃ – BaCO₃ – H₃BO₃ – SiO₂ SYSTEM BY MEANS OF IR SPECTROSCOPY <i>Gordeladze V.G., Gibradze M.I., Kapanadze M.B., Mshvildadze M.J., Loladze T.O. and Kebabze N.M.</i>	104
როტორის მანქანური გამტარის ნამზადის მიღების შესაძლებლობა არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონების ელექტროფილური გამოდნობით <i>სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., ცქიფურიშვილი თ.ზ., აბესაძე შ.ა.</i>	108

მდინარე ხრამის აუზის შახტური ჰეზის მიწისქვეშა წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები <i>ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.გ., სურმაგა ა.ა</i>	114
ეპიდემიის დეტერმინისტული მოდელის შესახებ <i>მანაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.</i>	119
КОНДЕНСАЦИЯ ГАЛОГЕНГЛИКОЗИДОВ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ АМИНАМИ <i>Сидамонидзе Н.Н., Гахокидзе Р.А., Вардиашвили Р.О., Пирицхелиანი Н.А.</i>	122
Hg(I) ჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა <i>გიორგაძე ქ.ა., ქიზიყურაშვილი ვ.ნ., ლობჯანიძე თ.ე., გვერდწითელი მ.ი.</i>	127
პარონემფავების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა ჯანს-მატრიცების მეთოდის უარგებლობაში <i>გვერდწითელი მ.ი., ქარჩხაძე მ.გ., გვერდწითელი მ.გ.</i>	129
ალდეჰიდების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა ჯანს-მატრიცების მეთოდის უარგებლობაში <i>გვერდწითელი მ.ი., ქარჩხაძე მ.გ., გვერდწითელი მ.გ.</i>	131
იოლნილანების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა ჯანს-მატრიცების მეთოდის გამოყენებით <i>გვერდწითელი მ.ი., რუსია მ.შ.</i>	133
შეუღლებული დინების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა <i>გვერდწითელი მ.ი., რუსია მ.შ.</i>	135
ღვინოებში ტუტე მეთალების და ამიაკის ბანსაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით <i>შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., შათირიშვილი ი.შ.</i>	137
ზოგიერთი ქართული წითელი ყურძნის ჯიშებისგან მიღებულ ღვინის ლეჟში ფენოლური ნაერთების შესწავლა <i>ყანჩაგელი თ.ზ., გურგენიძე ლ.რ., უგრეხელიძე ვ.დ., მამარდაშვილი ნ.გ., ქვარცხავა გ.რ.</i>	140
ზოგიერთი ქართული ენდემური ჯიშებიდან მიღებული ღვინის ლეჟიდან ლიპიდების გამოყოფა <i>ყანჩაგელი თ.ზ., გურგენიძე ლ.რ., უგრეხელიძე ვ.დ., მამარდაშვილი ნ.გ., ქვარცხავა გ.რ.</i>	143
ბოგირდის დიოქსიდის შემცველი ბუნებრივი ანტისეპტიკის გამოყენების გავლენა ტკბილისა და ღვინის მიკროფლორაზე <i>ებელაშვილი ნ.გ., გაგელიძე ნ.ა., სალია ე.შ., ბიბილური ნ.შ.</i>	146
THI EFFECT OF BIOLOGICAL PREPATE “BIOKATENA” AND FUNGICIDE “RIDOMIL GOLD” ON FUNGAL DISEASES OF TOMATO ROOT AND RHIZOSPHERE IN BLOOMING PERIOD <i>Dvali G.Sh., Zviadadze L., Kobakhidze M.T., Lomtadze N.A.</i>	151

МНОГОЛИНЕЙНЫЕ СОРТА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ <i>Канчавели Ш. С.</i>	155
ПОЛИГЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И ЕЕ РОЛЬ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ <i>Канчавели Ш.С.</i>	158
ქართული მუხის (<i>Q.iberica Stev</i>) გუნებრივი ბანახლევა კახეთის ზომიერად მშრალი ეკოტოპის (<i>Subsiccum</i>) მუხნარეგში <i>გაგოშიძე გ.ა. სამადაშვილი მ.ე.</i>	161
საქართველოს რკინიგზის გორი-ხაშურის მონაკვეთის დაცვითი ტყის ზოლების მდგომარეობა და პრევენციის სატყეო-სამელიორაციო ღონისძიებები <i>გაგოშიძე გ.ა. შვეარდნაძე დ.მ.</i>	166
საქართველოს სამკურნალო ტალახების (კელიძების) ორბანული ფრაქციის კვლევა და მათი კოსმეტიკურ საშუალებებში გამოყენება <i>დევედარიანი ნ.გ., ზაკალაშვილი თ.თ., კობაური ს.გ., ბოკუჩავა ნ.ვ.</i>	169
ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ <i>Горгидзе И.А., Гаситашвили З.А., Джавахадзе Г.С., Горгидзе Д.А., Хуციшвили С.А., Бурджанадзе В.О., Хартишвили М.П., Иашвили Г. Н., Мусеридзе Р.Р.</i>	173
OUR AUTHORS (2019)	

ნეირონული ქსელების აგება ერთი ცვლადის ფუნქციათა აპროქსიმაციისათვის

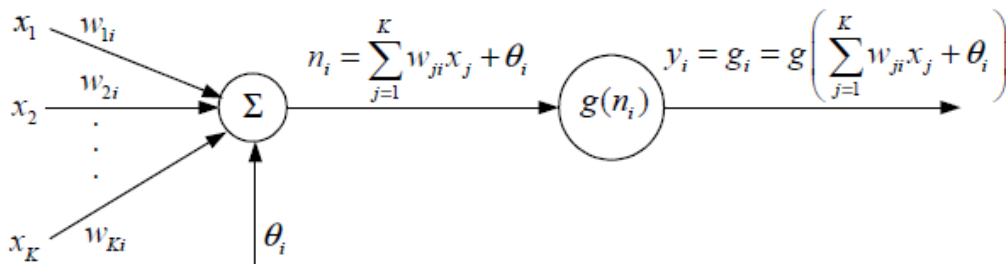
ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი ო.მ., რამაზაშვილი მ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ერთი მხრივ, ნეირონულ ქსელებში წარმოდგენილია სხვადასხვა არქიტექტურის ფართო სპექტრი. მეორე მხრივ, მრავალ შემთხვევაში წამოიჭრება არაწრფივი სტატიკური თვისებების აპროქსიმაციის (წარმოდგენის) ამოცანა და $f(x)$ ფუნქციის (ასახვის) ნეირონულ $f_{NN}(x)$ ქსელთან შესაბამისობის აგების აუცილებლობა, როცა $x \in \mathbb{R}^k$ [1-14].

ფუნქციის აპროქსიმაციის ამოცანაში ყველაზე სასარგებლო, ალბათ, შეიძლება აღმოჩნდეს მრავალფენიანი (მრავალფენიანი) პერსეპტრონი (ინგლ. MLP Multi-layer Perceptron) და რადიალური საბაზისო ფუნქციების ქსელი (ინგლ. RBF Radial Basis Function). ჯერ ჩვენ შევხერდებით მრავალფენიან პერსეპტრონულ ქსელებზე.

მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელი შედგენილია შემავალი ფენით, რამდენიმე ფარული ფენით და გამომავალი ფენით. ნეირონად წოდებული i კვანძი მრავალფენიან პერსეპტრონულ ქსელში ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. იგი შეიცავს სუმატორს და აქტივაციის არაწრფივ g ფუნქციას.



ნახ. 1. მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელი ერთადერთი (განმსოლოებული) კვანძით

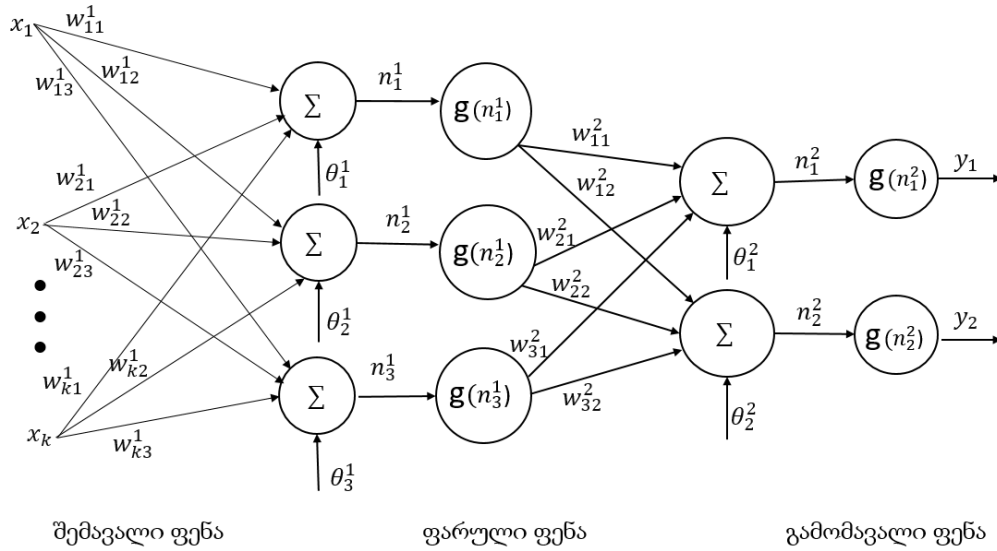
შესასვლელეები ($k=1, \dots, K$) ნეირონისათვის მრავალდება w_{ki} წონებზე და იკრიბება წანაცვლების მუდმივ θ_i წევრთან ერთად. ამის შედეგად n_i წარმოადგენს შემავალ მონაცემს აქტივაციის g ფუნქციისათვის. აქტივაციის ფუნქციად არც თუ იშვიათად, იყენებენ ერთეულოვანი ნახტომის, ანუ ჰევისაიდის (Oliver Heaviside) ფუნქციას, მაგრამ მათემატიკურად უფრო მოხერხებულია ჰიპერბოლური ტანგენსის ან სიგმოიდათა კლასის ფუნქციათა ოჯახიდან სხვა რომელიმე სიგმოიდური ფუნქციის (სიგმა-ფუნქციის) გამოყენება. ჰიპერბოლური ტანგენსი შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$\tanh(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}}. \tag{1}$$

ყველა შემთხვევაში i კვანძის გამოსასვლელს ასეთი სახე აქვს:

$$y_i = g_i = g\left(\sum_{j=1}^k w_{ji} x_j + \theta_i\right). \tag{2}$$

რამდენიმე კვანძის პარალელურად და მიმდევრობით შეერთების შედეგად ხდება მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის ფორმირება. ასეთი ქსელის ტიპური სახე ნაჩვენებია ნახ.2-ზე.



ნახ. 2. მრავალფენიანი (მრავალფენიანი) პერსეპტრონი ერთი ფარული ფენით (აქტივაციის g ფუნქცია გამოიყენება ორივე ფენაში. n, θ ან w სიდიდეთა სტრიქონზედა (დიაკრიტიკული) ნიშნები ეხება პირველ ან მეორე ფენას)

მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის $y_i, i=1,2$ გამოსასვლელი შემდეგ სახეს იძენს:

$$y_i = g \left(\sum_{j=1}^3 w_{ji}^2 g(n_j^1) + \theta_i^2 \right) = g \left(\sum_{j=1}^3 w_{ji}^2 g \left(\sum_{k=1}^K w_{kj}^1 x_k + \theta_j^1 \right) + \theta_i^2 \right) \quad (3)$$

მე-(3) თანაფარდობიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელი არის $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^K$ შემავალი სივრცის არაწრფივი პარამეტრიზებული ასახვა $\mathbf{y} \in \mathbf{R}^m$ (აქ $m=3$) გამომავალ სივრცეზე. პარამეტრების როლში გამოდის w_{ji}^k წონები და θ_j^k წანაცვლებები. ჩვეულებრივ, დაშვების საფუძველზე, მიიჩნევა, რომ აქტივაციის g ფუნქციები ერთნაირია ყველა ფენაში და წინასწარ არის ცნობილი. ნახ. 2-ზე ყველა ფენაში გამოიყენება აქტივაციის ერთი და იგივე g ფუნქცია.

შეტანისა და გამოტანის $(x_i, y_i), i=1, \dots, N$ მონაცემების ასახვის თვალსაზრისით საუკეთესო მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის ძებნა შეიძლება ჩამოყალიბდეს როგორც ამ მონაცემების მორგება ქსელური (w_{ji}^k, θ_j^k) პარამეტრების დადგენით, შერჩევით.

პროცედურა შემდეგნაირად მიმდინარეობს. მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელური არქიტექტურისათვის უპირველეს ყოვლისა ხდება სტრუქტურის დაფიქსირება, ესე იგი ცხადდება ფარული ფენების რაოდენობა და ნეირონების (კვანძების) რიცხვი ყოველ ფენაში. აქტივაციის ფუნქციის არჩევა თითოეული ფენისათვის ასევე მოცემულ ეტაპზე ხდება და იგი ცნობილ ასახვად განიხილება. უცნობ პარამეტრებად, რომლებიც შეფასებას მოითხოვს, (w_{ji}^k, θ_j^k) წონები და წანაცვლებები მიიჩნევა.

ქსელური პარამეტრების დასადგენად მრავალი ალგორითმი არსებობს. ამ ალგორითმებს სწავლების (დასწავლების) ან დამსწავლებელ ალგორითმებს უწოდებენ, სისტემათა იდენტიფიკაციაში კი, რომელსაც ისინი მიეკუთვნება, - პარამეტრთა შეფასების ალგორითმებს. დღეისათვის ყველაზე ცნობილია უკუგავრცელების ალგორითმი (ინგლ. back-propagation algorithm) და ლევენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი, რომელიც ამერიკელ სტატისტიკოსებს ეკუთვნის (Kenneth Levenberg, Donald W. Marquardt). უკუგავრცელების ალგორითმი არის გრადიენტული ალგორითმი, რომლის

მრავალი ვარიანტი არსებობს. ლევენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი, ფიქრობენ, უფრო ეფექტურია, მაგრამ იგი კომპიუტერული მეხსიერების მეტ მოცულობას მოითხოვს.

ამრიგად, მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელებისათვის სწავლების ალგორითმების პროცედურა შემდეგნაირად გამოიყურება:

ა. განისაზღვრება ქსელის სტრუქტურა. ქსელში ხდება აქტივაციის ფუნქციის არჩევა და ქსელის წონების და წანაცვლებების ინიციალიზება.

ბ. განისაზღვრება სწავლების ალგორითმთან დაკავშირებული პარამეტრები, ვთქვათ, შეცდომის (ცდომილების) მისაღები დონე, ეპოქათა (იტერაციათა) მაქსიმალური რაოდენობა და ა.შ.

გ. ხდება სწავლების ალგორითმის გამოძახება.

დ. მას შემდეგ, რაც ნეირონული ქსელი განსაზღვრული იქნება, შედეგი, პირველ რიგში, მოწმდება ნეირონული ქსელის გამოსასვლელის მოდელირებით გაზომილი შემაჯავალი მონაცემების პირობებში. ამ დროს მიღებულ გამომავალ მნიშვნელობებს ადარებენ ადრე გაზომილ გამომავალ სიდიდეებთან. საბოლოო შემოწმება უნდა ხდებოდეს დამოუკიდებელი მონაცემებით.

პროცედურაში გამოიყენება MATLAB-ის შემდეგი ბრძანებები: *newff*, *train* და *sim*.

MATLAB-ის *newff* ბრძანება ახდენს მრავალფენიანი (მრავალდონიანი) პერსეპტრონული ნეირონული ქსელის გენერირებას სახელწოდებით:

$$net = newff(PR, [S1, S2, \dots, SN], \{TF1, TF2, \dots, TFN\}, BTF). \quad (4)$$

მე-(4) გამოსახულებაში შემდეგი შემაჯავალი სიდიდეებია წარმოდგენილი: R – შემაჯავალი ვექტორის ელემენტების რაოდენობა; xR – შემაჯავალი R ელემენტისათვის მინიმალურ და მაქსიმალურ სიდიდეთა $R \times 2$ განზომილების მატრიცა; PR – შემაჯავალი ელემენტების მინიმალური და მაქსიმალური სიდიდეები; S_i – i -ური ფენის ($i = 1, 2, \dots, N$) ნეირონების რიცხვი (ე.წ. «ფენის ზომა»); N – ფენათა რიცხვი; TF_i – i -ური ფენის აქტივაციის (ანუ გადამცემი) ფუნქცია, ნაგულისხმევი შეთანხმებით – «*tansig*»; BTF – ქსელის სწავლების ფუნქცია, ნაგულისხმევი შეთანხმებით – «*trainlm*». ნახ. 2-ზე გვაქვს:

$$R = K, S1 = 3, S2 = 2, Nl = 2, TF_i = g.$$

newff ბრძანების ალგორითმი ნაგულისხმევი შეთანხმებით არის ლევენბერგ-მარკვარდტის ალგორითმი - *trainlm*. პარამეტრთა ნაგულისხმევი მნიშვნელობები ალგორითმებისათვის მიჩნეულია სავარაუდოდ და ისინი დაფარულია მომხმარებლისგან. პირველი შემოწმების დროს მათი შეცვლა არ ხდება. პარამეტრთა საწყისი მნიშვნელობების გენერირება ავტომატურად ხდება ბრძანებით. აღსანიშნავია, რომ მათი გენერირებული მნიშვნელობები ატარებს შემთხვევით ხასიათს და ამიტომ პასუხი შეიძლება ყოველთვის სხვადასხვა იყოს, თუ ალგორითმი მეორდება.

ქსელის ინიციალიზაციის შემდეგ, მისი სწავლება იწყება *train* ბრძანების საშუალებით. ამის შედეგად მიღებულ მრავალფენიან პერსეპტრონულ ქსელს *net1* სახელი ენიჭება:

$$net = train(net, x, y), \quad (5)$$

სადაც *net* არის *newff* ფუნქციით გენერირებული თავდაპირველი მრავალფენიანი (მრავალდონიანი) პერსეპტრონული ქსელი; x არის გაზომვით მიღებული შემაჯავალი ვექტორი K განზომილებით; y – გაზომვით მიღებული გამომავალი ვექტორი m განზომილებით.

იმის შესამოწმებლად, თუ რამდენად კარგად ახორციელებს მონაცემების აპროქსიმაციას (მიახლოებას) მიღებული მრავალფენიანი პერსეპტრონული *net1* ქსელი, ვიყენებთ *sim* ბრძანებას. გაზომვის შედეგად მიღებული გამოსასვლელი არის y . საბოლოო მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის გამოსასვლელის მოდელირება ხდება *sim* ბრძანების დახმარებით და ამ გამოსასვლელს *ytest* სიმბოლო ენიჭება:

$$y_{test} = sim(net1, x), \quad (6)$$

სადაც *net1* – დასკენითი (ფინალური) მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელია; *x* – შემავალი ვექტორი.

გაზომვის შედეგად მიღებული გამოსასვლელი შეიძლება შევადაროთ მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის *y_{test}* გამოსასვლელს და როდენობრივად შევაფასოთ ამ ქსელის ხარისხი $e = y - y_{test}$ შეცდომის გამოთვლით გაზომვის ყოველ წერტილზე. საბოლოო ტესტირება, ცხადია უნდა ჩატარდეს დამოუკიდებელ მონაცემებზე.

ქვემოთ განხილულია მაგალითი, სადაც MATLAB Neural Network Toolbox გამოყენებით პროგრამათა პაკეტი გამოიყენება ქსელური პარამეტრების დასწავლისათვის, როცა მონაცემები კავშირზე შემავალ და გამოშვალ სიდიდეთა შორის მისაწვდომია (ვთქვათ, მოცემულია ანალიზურად ან ექსპერიმენტულად).

MATLAB და SIMULINK სისტემათა გამოყენების სქემა ასე გამოიყურება:

1. ქსელური ობიექტის შექმნა და მისი ინიციალიზაცია. *newff* ბრძანების გამოყენება.

2. ქსელის სწავლება. *train* ბრძანების გამოყენება (ჯგუფური სწავლება).

3. ქსელის გამოსასვლელის გამოთვლის შედეგების შედარება სწავლების მონაცემებთან და მონაცემთა დადასტურება. *sim* ბრძანების გამოყენება.

newff ბრძანება ორ ფუნქციას ასრულებს: ადგენს ქსელს (არქიტექტურის ტიპს, ზომას და სწავლების ალგორითმის ტიპს) და ავტომატურად ახორციელებს ქსელის ინიციალიზებას. უკანასკნელი ორი *ff* ასო *newff* ბრძანებაში უჩვენებს ნეირონული ქსელის ტიპს: პირდაპირი კავშირის (feedforward). რადიალური საბაზისო ფუნქციების ქსელებისათვის გამოიყენება *newrb* ბრძანება, ხოლო კოჰონენის (Teuvo Kalevi Kohonen,) თვითორგანიზებადი რუკისათვის (SOM, Self-Organizing Map) - *newsom* ბრძანება.

ამოცანის დასმა: განვიხილოთ MATLAB სისტემაში რაღაც ფუნქცია, რომელიც მოცემულია გამოსახულებით

$$y = 1./((x-.3).^2+.01) + 1./((x-.9).^2+.04) - 6$$

და MATLAB სისტემაში შესაძლებელია მისი გამოძახება *humps* ბრძანებით. დასადგენია, შესაძლებლობის შემთხვევაში, იმ მონაცემების შესაბამისი ნეირონული ქსელი, რომლებსაც წარმოშობს *humps* ფუნქცია *x* არგუმენტის ცვლილებისას [0,2] მონაკვეთზე გარკვეული ბიჯით.

ჩვენი ამოცანა ორი პუნქტიდან შედგება:

ა. განხორციელდეს მრავალფენიანი (მრავალდონიანი) პერსეპტრონული ქსელის აწყობა მონაცემებზე, მოდელირება მოხდეს ქსელის სხვადასხვა ზომისა და სხვადასხვა სწავლების ალგორითმის პირობებში.

ბ. იგივე კვლევა ჩატარდეს რადიალური საბაზისო ფუნქციების ქსელებზე.

ამოხსნის პროცესის აღწერა.

ა) მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელი

მონაცემების მისაღებად ვიყენებთ შემდეგ ბრძანებებს:

x = 0:.05:2;y=humps(x);

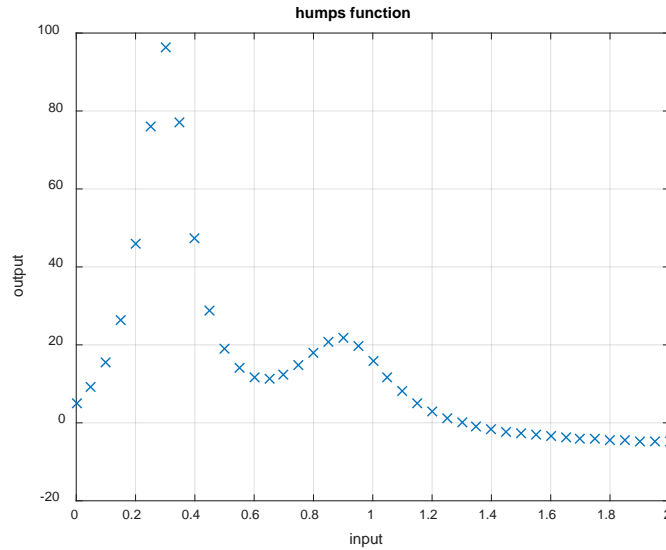
P=x;T=y;

მონაცემთა გრაფიკის მისაღებად კი მივმართავთ ასეთ ბრძანებებს:

plot(P,T,'x')

grid; xlabel('input'); ylabel('output'); title('humps function')

შედეგი მოცემულია ნახ. 3-ზე.



ნახ.3. humps ფუნქცია

მრავალშრიანი პერსეპტრონული ქსელის სწავლების ალგორითმს შემდეგი სქემა აქვს:

ა. **ქსელის სტრუქტურის განსაზღვრა.** აქტივაციის ფუნქციითა არჩევა და ნეირონული ქსელების პარამეტრების, წონების და წანაცვლებების, ინიციალიზაცია ნაგულისხმევ მნიშვნელობათა დაყენებით ინიციალიზაციის პროცედურების საფუძველზე ან დამოუკიდებლად, საკუთარი მოსაზრებებიდან გამომდინარე.

ბ. **მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელის ინიციალიზაცია.** MATLAB სისტემაში შესაბამისი ბრძანება `newff` სახით ჩაიწერება.

გ. სწავლების ალგორითმთან დაკავშირებული პარამეტრების მოცემა, ვთქვათ, ცდომილების მანევრების დასაშვები მნიშვნელობის, ეპოქათა (იტერაციათა) მაქსიმალური რაოდენობის და სხვა ამის მსგავსი სიდიდის.

დ. **სწავლების ალგორითმის გამოძახება.** MATLAB სისტემაში ეს `train` ბრძანებით ხდება.

შევუდგეთ ქსელის დაპროექტებას.

% ქსელის დაპროექტება

% =====

% ჯერ მიემართოთ პირდაპირი კავშირის (მრავალფენიან პერსეპტრონულ) ქსელს `net = newff([0 2],[5,1],{'tansig','purelin'},'traingd');`

% აქ `newff` ბრძანება განსაზღვრავს პირდაპირი კავშირის არქიტექტურას.

% პირველი `[0 2]` არგუმენტი განსაზღვრავს შესასვლელის დიაპაზონს

% და ახდენს ქსელის პარამეტრთა ინიციალიზაციას.

% მეორე `[5,1]` არგუმენტი განსაზღვრავს ქსელის სტრუქტურას ორი ფენით.

% 5 - კვანძების რიცხვი პირველ ფარულ ფენაში,

% 1 - კვანძების რიცხვი გამომავალ ფენაში.

% შემდეგ განისაზღვრება აქტივაციის ფუნქციები ფენებში.

% პირველ ფარულ ფენაში არის 5 `tansig` ფუნქცია.

% გამომავალ ფენაში არის 1 წრფივი `purelin` ფუნქცია.

% `'learngd'` განსაზღვრავს სწავლების ძირითად სქემას - გრადიენტული მეთოდით

% სწავლების პარამეტრთა განსაზღვრა

`net.trainParam.show = 50;` % შედეგი აისახება ყოველ 50-ე იტერაციაზე

`net.trainParam.lr = 0.05;` % სწავლების სიჩქარე გრადიენტულ სქემაში

`net.trainParam.epochs = 1000;` % იტერაციათა მაქსიმალური რაოდენობა

`net.trainParam.goal = 1e-3;` % დასაშვები ცდომილება - გაჩერების კრიტერიუმი

```
% ქსელის სწავლება
net1 = train(net, P, T); % იმეორებს ციკლის გრადიენტულ ტიპს
```

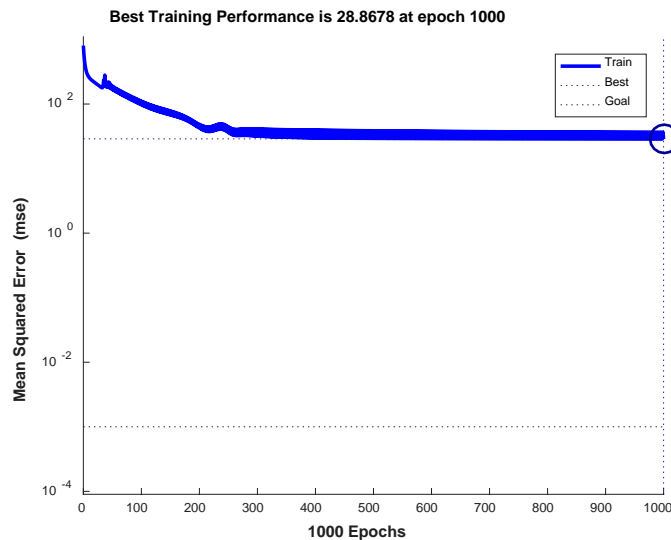
```
% შედეგად მიღებული ქსელი ინახება net1-ში
```

% MSE აბრევიატურა – საშუალო კვადრატული შეცდომა (ინგლ. Mean-Square Error)

როგორც ვრწმუნდებით, იტერაციათა მაქსიმუმი მიღწეულია, მაგრამ დასახული მიზანი მიღწეული არ არის.

შენიშვნა: თუ ჩვენ არ შეგვიძლია ერთნაირი რიცხვების ან მაჩვენებლების მიღება, ეს გასაკვირი არ უნდა იყოს. მიზეზი ისაა, რომ newff ფუნქცია იყენებს შემთხვევით რიცხვთა გენერატორს ქსელის წონათა საწყისი მნიშვნელობების შექმნისას. ამიტომ ყველა საწყისი ქსელი განსხვავებული იქნება ერთნაირი ბრძანებების გამოყენების პირობებშიც.

კრებადობა, ანუ საშუალო კვადრატული შეცდომის ცვლილება ეპოქათა (იტერაციათა) ზრდისას, ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე.



ნახ. 4. საშუალო კვადრატული შეცდომის კრებადობის სურათი

ასევე ცხადია, რომ იტერაციათა რიცხვის გაზრდა არ გამოიწვევს გაუმჯობესებას. შევამოწმოთ, როგორ გამოიყურება ნეირონული ქსელის აპროქსიმაცია.

```
% მოდელირების გზით დავადგინოთ, რამდენად კარგი შედეგი მიიღწევა, თუ შესასვლელზე იგივე შემავალი P ვექტორი იქნება გამოყენებული.
```

```
% Output არის ნეირონული ქსელის გამოსასვლელი, რომელიც უნდა შევადაროთ გამომავალ მონაცემებთან.
```

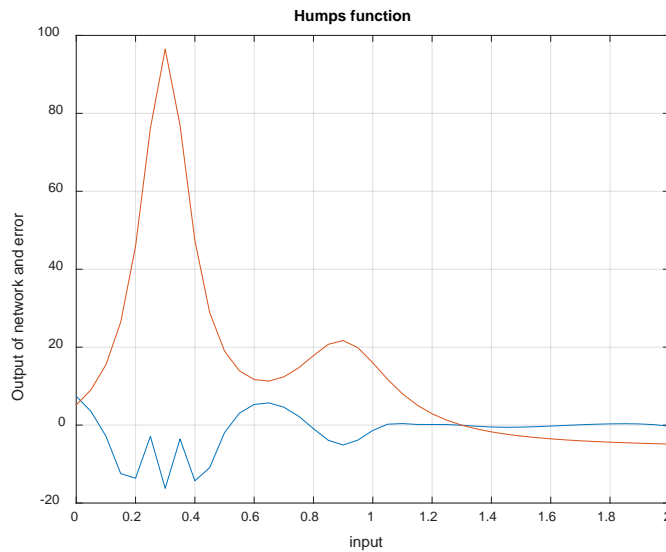
```
a=sim(net1,P);
```

```
% შედეგის აგება და შედარების ჩატარება
```

```
plot(P,a-T, P,T);grid;
```

```
xlabel('input'); ylabel('Output of network and error'); title('Humpsfunction')
```

ნეირონული ქსელის მიერ Humps ფუნქციის აპროქსიმაციის ხარისხი ასახულია ნახ. 5-ზე.



ნახ. 5. Humps ფუნქციისათვის net = newff ([0 2], [5,1], {'tansig', 'purelin'}, 'traingd') ნეირონული ქსელის მიერ განხორციელებული აპროქსიმაციის ხარისხის სურათი

მიახლოება საკმაოდ ცუდია, განსაკუთრებით დასაწყისში. რა შეიძლება გააკეთდეს ამ უბანზე სურათის გამოსასწორებლად? ორი გამოსავალი ცხადია. ნეირონული ქსელის ყველა პრობლემას ჩვენ ვაწყდებით ქსელის ზომის ოპტიმალური თუ არა, გონივრული მნიშვნელობის განსაზღვრის საკითხის წამოჭრისას. გავზარდოთ ქსელის ზომა. მაგრამ არ დავივიწყოთ, რომ ამას თან მოსდევს მეტი ქსელური პარამეტრის შემოტანაც. ამიტომ უნდა გვახსოვდეს, რომ მონაცემების წერტილები უნდა დარჩეს ქსელურ პარამეტრებზე მეტი რაოდენობით. მეორე გამოსავალი იქნებოდა სწავლების ალგორითმის ეფექტურობის გაზრდა ან სულაც მისი შეცვლა.

გავზარდოთ ქსელის ზომა, რისთვისაც გამოვიყენოთ პირველ ფარულ ფენაში 20 კვანძი, 5-ის ნაცვლად:

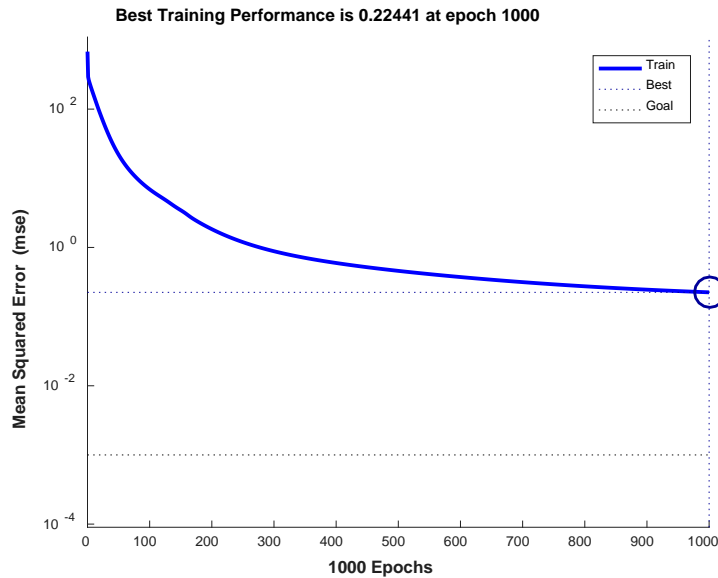
```
net = newff ([0 2], [20,1], {'tansig', 'purelin'}, 'traingd');
```

რაც შეეხება დანარჩენს, გამოვიყენოთ ალგორითმის იგივე პარამეტრები და შევუღლოთ სწავლების პროცესს.

```
net.trainParam.show = 50; % შედეგი აისახება ყოველ 50-ე იტერაციაზე
net.trainParam.lr = 0.05; % სწავლების სიჩქარე გრადიენტულ სქემაში
net.trainParam.epochs = 1000; % იტერაციათა მაქსიმალური რაოდენობა
net.trainParam.goal = 1e-3; % დასაშვები ცდომილება - გაჩერების კრიტერიუმი
```

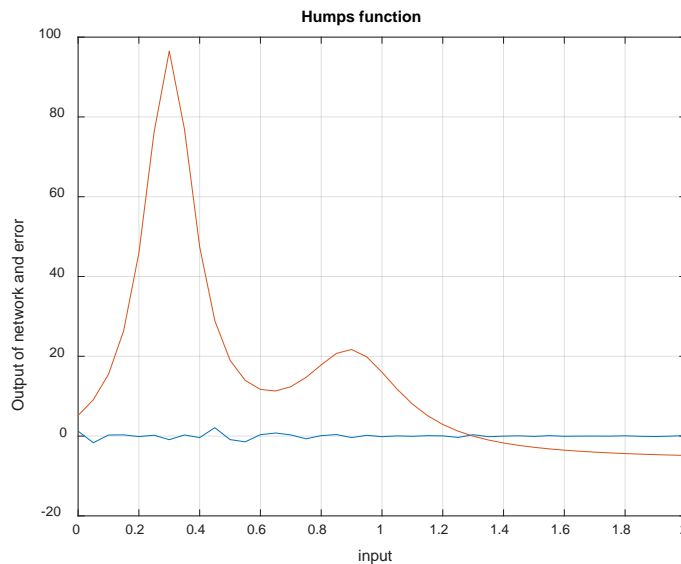
```
% ქსელის სწავლება
net1 = train(net, P, T); % იმეორებს ციკლის გრადიენტულ ტიპს
```

სწავლების გრადიენტული მეთოდის გამოყენებისას მიზნად დასახული 0.001 სიდიდის შეცდომა კვლავაც ვერ იქნა მიღწეული, მაგრამ სიტუაცია მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა, როგორც ეს ნახ. 6-დან ჩანს.



ნახ. 6. ნასწაველი ქსელის გამოსასვლელი შეცდომის კრებადობა (უწყვეტი წირი) დასაშვებ (პუნქტირი) დონისაკენ 1000 ეპოქისათვის სქწავლების გრადიენტული ალგორითმისათვის

გაზრდილი `net = newff ([0 2], [20,1], {'tansig', 'purelin'}, 'traingd')` ნეირონული ქსელის მიერ Humps ფუნქციის აპროქსიმაციის ხარისხის სურათი მოცემულია ნახ. 7-ზე.



ნახ. 7. Humps ფუნქციისათვის `net = newff ([0 2], [20,1], {'tansig', 'purelin'}, 'traingd')` ნეირონული ქსელის მიერ განხორციელებული აპროქსიმაციის ხარისხის სურათი

კრებადობის მრუდიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქსელის პარამეტრების გაუმჯობესების შანსს იტერაციათა (ეპოქათა) დამატებითი გაზრდაც მოგვცემდა. ვინაიდან შეცდომის უკუგავრცელების ალგორითმი გრადიენტის გამოსათვლელად მრავალფენიანი პერსეპტრონის წონათა შეცვლისათვის (ინგლ. back propagation gradient algorithm), როგორც ცნობილია, ნელია, უნდა მოისინჯოს სწავლების სხვა, უფრო ეფექტური, ალგორითმიც.

სახელდობრ, მიემართოთ ლევენბერგ-მარკვარდტის (L-M, Levenberg-Marquard) მეთოდს, რომლის გამოძახება `trainlm` ბრძანებით ხდება. ამასთან ერთად უფრო მცირე ზომის ქსელი გამოვიყენოთ - მხოლოდ 10 კვანძით პირველ ფარულ ფენაში.

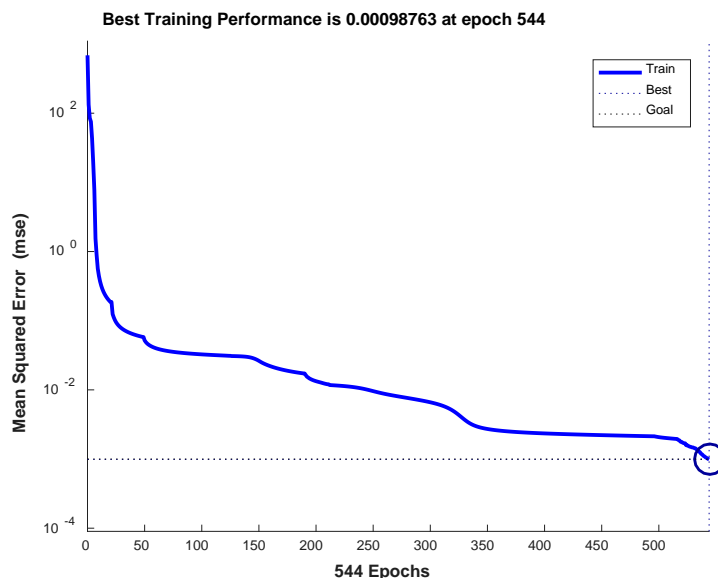
```
net = newff ([0 2], [10,1], {'tansig', 'purelin'}, 'trainlm');
```

```
% პარამეტრების განსაზღვრა
```

```
net.trainParam.show = 50;
net.trainParam.lr = 0.05;
net.trainParam.epochs = 1000;
net.trainParam.goal = 1e-3;
% ქსელის სწავლება
```

```
net1 = trainlm(net, P,T);
```

კრებადობა სწავლების L-M ალგორითმის გამოყენებისას ნაჩვენებია ნახ.8-ზე.

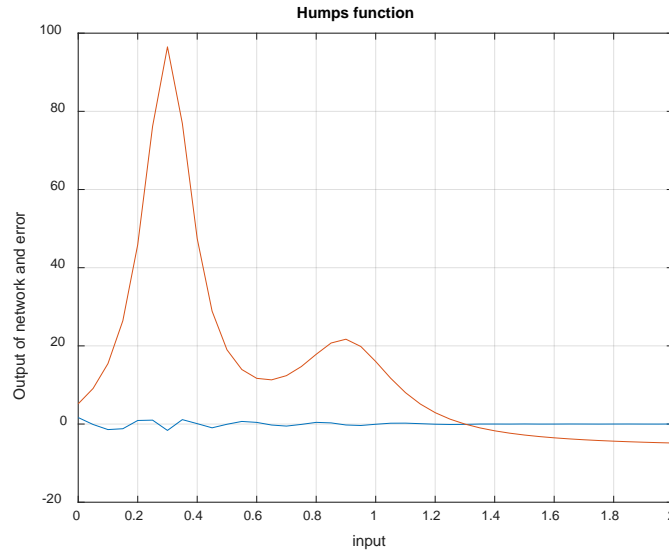


ნახ. 8. ნასწავლი ქსელის გამოსასვლელის შეცდომის (უწყვეტი წირი) კრებადობა დასაშვებ (პუნქტირი) დონესთან 544 ეპოქისათვის (იტერაციისათვის) სწავლების L-M (ლევენბერგ-მარკვარდტის) ალგორითმის გამოყენებისას

აპროქსიმაციის ცდომილების შესაბამისობის დასადგენად სპეციფიკაციით განსაზღვრულ დასაშვებ გადახრასთან მიემართოთ შემდეგ ბრძანებებს:

```
% მოდელირების შედეგი
a=sim(net1,P);
% შედეგის აგება და შედარების ჩატარება
plot(P,a-T, P,T);grid;
xlabel('input'); ylabel('Output of network and error'); title('Humpsfunction')
```

შედეგები გრაფიკულად ასახულია ნახ. 9-ზე.



ნახ. 9. ქსელის გამოსასვლელის და მისი აპროქსიმაციის შეცდომის ცვლილება შესასვლელის ცვლილებისას (ლევენბერგ-მარკვარდტის სწავლების ალგორითმი)

ცხადია, რომ L-M ალგორითმი მნიშვნელოვნად უფრო სწრაფია და უკუგავრცელების მეთოდთან შედარებით მას უპირატესობა აქვს. ყურადღება უნდა გამახვილდეს იმ გარემოებაზეც, რომ გამოყენებული ინიციალიზაციის შესაბამისად ალგორითმის კრებადობა შეიძლება იყოს ნელიც და სწრაფიც.

არსებობს ასევე შეკითხვა მორგების შესახებ: გასათვალისწინებელია სააპროქსიმაციო ფუნქციის ყველა ღრმული და გადახრა ნორმიდან (ანომალია), თუ ეს არის უხარისხო, „ხმაურით დაჭუჭყიანებული“ მონაცემის შედეგი?

როცა ფუნქცია საკმაოდ გლუვია, მაშინ მისი აპროქსიმაციის პროცესში მრავალფენიანი პერსეპტრონული ქსელი გარკვეულ სირთულეს აწყდება.

ქსელის მოდელირება ასეთ ვითარებაში დამოუკიდებელ მონაცემებზე უნდა მოისინჯოს.

მაგალითად, თუ იყენებენ, ვთქვათ,

$$(x1 = 0 : 0.01 : 2; y1 = humps(x1); P1 = x1; T1 = y1;)$$

წერტილებს, რომლებიც განთავსებულია დამსწავლელ

$$(x = 0 : .05 : 2; y = humps(x); P = x; T = y;)$$

მონაცემებს შორის, მაშინ შეცდომა მცირე რჩება და განსხვავება ნახ. 9-გან ძნელი შესამჩნევი იქნება. ასეთ მონაცემებს ტესტურ მონაცემებს უწოდებენ.

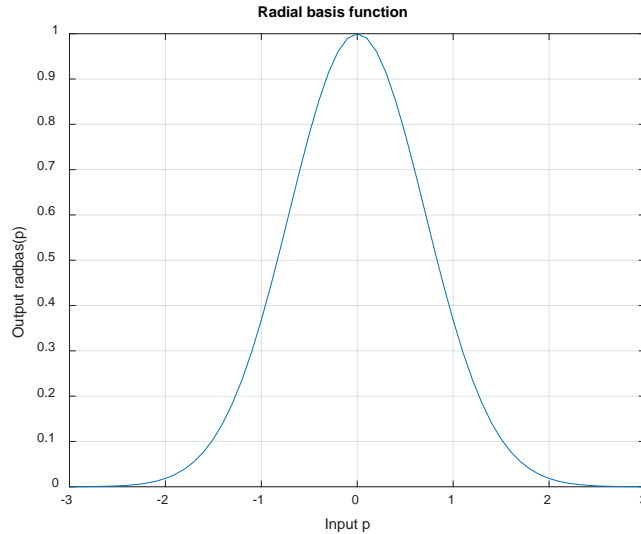
აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ საკმაოდ ბრტყელ (გლუვი) არეში ნეირონული ქსელები მეტ სიძნელეს განიცდის აპროქსიმაციის განხორციელებისას, ვიდრე უფრო სწრაფად ცვალებადი მონაცემების შემთხვევაში.

ბ) რადიალური საბაზისო ფუნქციების ქსელები

ახლა დავსახოთ რადიალური საბაზისო ქსელის გამოყენებით ისეთი მათაპროქსიმირებელი ფუნქციის პოვნის ამოცანა, რომელიც შეესაბამება მონაცემთა 41 წერტილს $(1 + (2.0 - 0.0) / 0.05 = 1 + 40 = 41)$.

რადიალური საბაზისო ქსელი არის ორფენიანი (ორდონიანი) ქსელი, რომელიც შედგება რადიალური საბაზისო ნეირონების ფარული ფენისგან და წრფივი ნეირონების გამოშვადი ფენისგან. ფარული ფენით გამოყენებული რადიალური გადამცემი ფუნქციის ტიპური ფორმა მოცემულია ნახ. 10-ზე. სათანადო მრუდი აგებულია შემდეგი ბრძანებების საფუძველზე:

```
p = -3:.1:3;
a = radbas(p);
plot(p,a); grid;
xlabel('Input p'); ylabel('Output radbas(p)'); title(' Radial basis function')
```

ნახ. 10. ფარული ფენით გამოყენებული რადიალური გადამცემი ფუნქციის ტიპური ფორმა

ფარულ ფენაში ყოველი ნეირონის წონა და წანაცვლება განსაზღვრავს საბაზისო რადიალური ფუნქციის მდგომარეობასა და სიგანეს.

ყოველი წრფივი გამომავალი ნეირონი ქმნის ხსენებული რადიალური ფუნქციების შეწონილ ჯამს. წონისა და წანაცვლების სწორი მნიშვნელობებით ყოველი ფენისათვის და ფარული ნეირონების საკმარისი რაოდენობით, რადიალური საბაზისო ქსელი შეიძლება შეესაბამებოდეს ნებისმიერ ფუნქციას ნებისმიერი სასურველი სიზუსტით.

შეიძლება newrb ფუნქციის გამოყენება რადიალური საბაზისო ქსელის სწრაფად შექმნისათვის, რომელიც ფუნქციის აპროქსიმაციას ახდენს მონაცემთა ამავე წერტილებზე.

MATLAB სისტემის ბრძანებათა ცნობარიდან ადვილად მოიპოვება ალგორითმის შემდეგი აღწერა.

თავდაპირველად RADBAS ფენას ნეირონები არ აქვს. შემდეგი ნაბიჯები მანამ მეორდება, ვიდრე საშუალო კვადრატული შეცდომა არ დაიწევს GOAL-ზე (ე.ი. მიზანზე) დაბლა.

- 1) ხორციელდება ქსელის მოდელირება.
- 2) იძებნება შემავალი ვექტორი უდიდესი შეცდომით.
- 3) RADBAS ფენის ნეირონი ემატება ამ ვექტორის ტოლი წონებით.
- 4) PURELIN ფენის წონები ხელახლა შეირჩევა შეცდომის მინიმიზაციისათვის.

მონაცემთა გენერაცია ძველებურად ხდება:

```
x = 0:.05:2;y=humps(x); P=x;T=y;
```

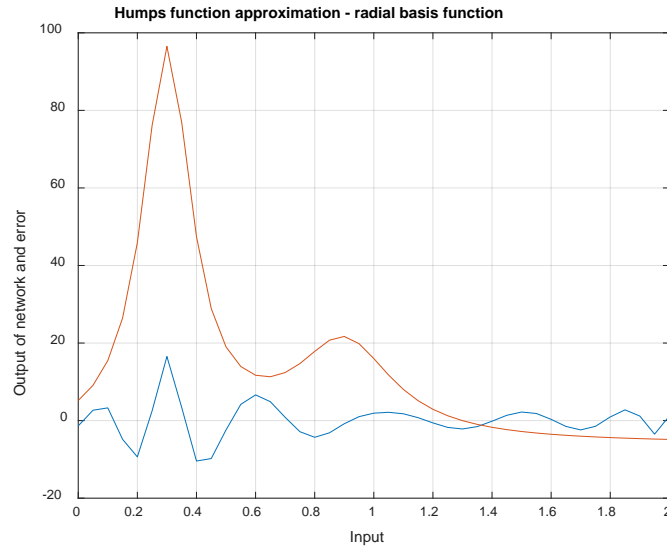
newrb ბრძანების უმარტივესი ფორმა ასეთია:

```
net1=newrb(P,T);
```

კუზიანი (humps), მრავალმოდულური, ფუნქციებისათვის ქსელის სწავლება მიდის სინგულარობამდე და, ამგვარად, სიძნელეთა გაჩენამდე სწავლების პროცესში.

მოდელირება და შედეგის გრაფიკული წარმოდგენა შემდეგი ბრძანებების საფუძველზე ხდება და ასახულია ნახ. 11-ზე:

```
a=sim(net1,P);
plot(P,T-a,P,T); grid;
xlabel('Input'); ylabel('Output of network and error'); title('Humps function approximation -
radial basisfunction')
```



ნახ. 11. კუზების აპროქსიმაცია და შეცდომის ხასიათი

გრაფიკი (ნახ. 11) გვიჩვენებს, რომ ქსელი ახდენს კუზების აპროქსიმაციას (მათ მიხედვით), მაგრამ შეცდომა საკმაოდ დიდია. პრობლემა ისაა, რომ ქსელის ორი პარამეტრისათვის ნაგულისხმევი მნიშვნელობები არც თუ ისე კარგია. სახელდობრ, სურათი ნაგულისხმევი მნიშვნელობებისათვის ასეთია: *goal* (მიზანი) – საშუალო კვადრატული შეცდომა $goal = 0.0$; *spread* (გაბნევა) - რადიალურ საბაზისო ფუნქციათა გაბნევა $spread = 1.0$.

მოცემულ მაგალითში უკეთეს საწყის მნიშვნელობებზე შევჩერდეთ: $goal = 0.02$ и $spread = 0.1$:

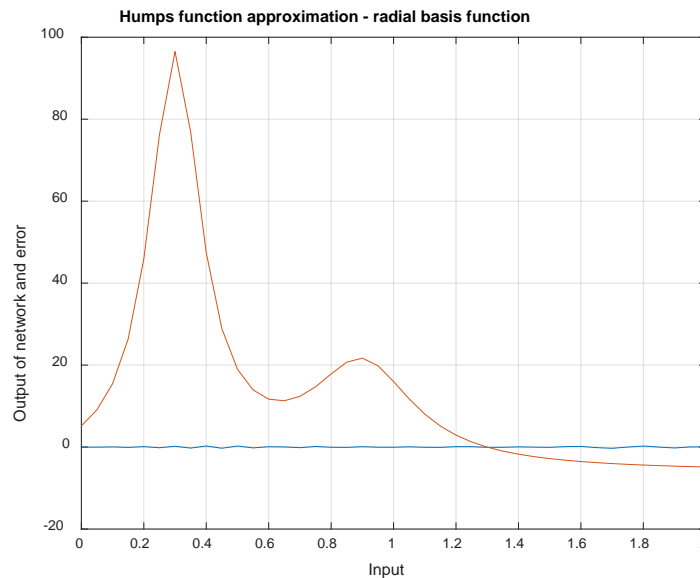
```
goal=0.02; spread=0.1;
net1=newrb(P,T,goal,spread);
```

ჩავატაროთ მოდელირება და ავსახოთ შედეგი შემდეგი ბრძანებების საფუძველზე:

```
a=sim(net1,P);
plot(P,T-a,P,T)

xlabel('Time (s)'); ylabel('Output of network and error');
title('Humps function approximation - radial basisfunction')
```

ასეთი არჩევანი სრულიად სხვა საბოლოო შედეგით მთავრდება, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 12-ზე.



ნახ. 12. მონაცემთა ფუნქციის კუზების აპროქსიმაცია ინიციალიზაციის ნაგულისხმევი *spread* პარამეტრის შემცირებისას

ბუნებრივად ჩნდება კითხვა იმის თაობაზე, თუ რა მნიშვნელობა აქვს რადიალური საბაზისო ფუნქციების პარამეტრთა გაბნევის სიმცირეს ან რა ხდება მისი გაზრდისას?

ნაგულისხმევი $spread = 1.0$ შემთხვევისათვის პრობლემა მდგომარეობს ძალიან დიდ გაბნევაში, რაც ზედმეტად გაუხშოებულ ამონახსნს იძლევა. სწავლების ალგორითმი მოითხოვს მატრიცის შებრუნებას, ანუ ინვერსიას (ინგლ. matrix inversion) და, მაშასადამე, აწყდება სინგულარობის პრობლემასაც. *spread* პარამეტრის უკეთ არჩევისას შედეგი საკმაოდ დამაკმაყოფილებელია.

საზოგადოდ საინტერესოა სხვა ალგორითმების შემოწმებაც, რომლებიც დაკავშირებულია რადიალურ საბაზისო ფუნქციასთან ან მსგავს (ვთქვათ, EWRBE, NEWGRNN, NEWPNN) ქსელებთან.

ამრიგად, მრავალფენიანი პერსეპტრონული და საბაზისო რადიალურ ფუნქციათა ნეირონული ქსელები გამოყენებულია ფუნქციათა აპროქსიმაციის (მიახლოების) ცნობილი პრობლემის მოდელირებისათვის. სხვადასხვა ნეირონული ქსელის ეფექტურობა ანალიზდება და მოწმდება ცნობილი ეტალონური humps ფუნქციის საშუალებით MATLAB სისტემიდან. რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგებით ნაჩვენებია, რომ ტესტირებულ ნეირონულ ქსელებს შორის საბაზისო ფუნქციათა ნეირონულ ქსელს უპირატესობა აქვს მრავალფენიან (მრავალდონიან) პერსეპტრონთან შედარებით ფუნქციის აპროქსიმაციის სინქარისა და სიზუსტის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. R. Setiono and A. Gaweda. Neural network pruning for function approximation. /in International Joint Conference on Neural Networks. IJCNN2000, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS, 2000, vol.6., pp.443-448.
2. Lidan Wang, MeitaoDuan, and ShukaiDuan. MemristiveChebyshev Neural Network and Its Applications in Function Approximation. /in Mathematical Problems in Engineering, 2013, volume 2013, Article ID 429402, 7 pages.
3. H. Husain, M. Khalid, and R. Yusof. Nonlinear function approximation using radial basis function neural networks. / in Student Conference on Research and Development, 2002, pp. 326-329.
4. Jayadeva, A.K. Deb, and S.Chandra. Algorithm for building a neural network for function approximation. /IEE Proceedings-Circuits, Devices and Systems, 2002, vol.149, pp. 301-307.
5. S. Ferrariand R.F. Stengel. Smooth function approximation using neural networks. /IEEE Transactions on Neural Networks, 2005, vol.16, pp. 24-38.

6. Z. Ying, G. Jun, and Y. Xuezhi. A survey of neural network ensembles. / International Conference on Neural Networks and Brain, 2005. ICNN&B'05., 2005, pp.438-442.
7. Zarita Zainuddin, Ong Pauline. Function approximation using artificial neural networks. /in MATH'07 Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Applied Mathematics, Cairo, Egypt, 2007, pp. 140-145.
8. G. Hongliang. The probability characteristic of function approximation based on artificial neural network. /in 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM), 2010, pp.V1-66-V1-71.
9. T. Varshney and S. Sheel. Approximation of 2D function using simplest neural networks; A comparative study and development of GUI system. / in 2010 International Conference on Power, Control and Embedded Systems (ICPCES), 2010, pp.1-4.
10. Z. Chonglin, Y. Lijuan, and W. Weibing. Study on fitness data processing based on neural network information processing. /International Conference on Systems and Informatics (ICSAD), 2012, 2012, pp. 295-298.
11. Siboyang, T.O.Ting, K.L. Man and Sheng-UeiGuan. Investigation of Neural Networks for Function Approximation. / Procedia Computer Science, 2013, vol.17, pp. 586 – 594.
12. Heikki N. Koivo, Neural Networks: Basics using MATLAB Neural Network Toolbox, 2008, 59 pages.
ელექტრონული ვერსია: [http://staff.ttu.ee/~jmajak/Neural_networks_basics .pdf](http://staff.ttu.ee/~jmajak/Neural_networks_basics.pdf)
13. Claude Touzet, Les réseaux de neurones artificiels : introduction au connexionnisme, Seconde édition, Auriol (Bouches-du-Rhône), Editions la Machotte, 2016, 92 p. ელექტრონული ვერსია: http://www.touzet.org/Claude/Web-Fac-Claude/enseignement/RNA/RNA_02-2016.pdf

SUMMARY

NEURAL NETWORKS DESIGN FOR APPROXIMATION OF ONE-VARIABLE FUNCTIONS

Prangishvili A.I., Namicheishvili O.M. and Ramazashvili M.T.

Georgian Technical University

In this work Multilayer Perceptron (MLP) and Radial Basis Function (RBF) networks are applied to model known problem of the function approximation. The performance of the various neural networks is analyzed and validated via some well-known benchmark humps function from MATLAB. The experimental results show that among the neural networks tested, Radial Basis Function (RBF) neural network is superior in terms of speed and accuracy for function approximation in comparison with MLP network.

Keywords: multilayer perceptron, neural network, a network of radial basis functions, approximation of functions, the system MATLAB

О РАЗРЕШИМОСТИ ПЛОСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОДИФФУЗИИ

Бежуашвили Ю.А., Качахидзе Н.Д.

Грузинский технический университет

Основная динамическая система дифференциальных уравнений сопряженной теории термодиффузии изотропного упругого тела имеет вид [1,2].

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)U(x, t) = \Psi(x, t)$$

где $L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)$ - матричный дифференциальный оператор размера 4×4 .

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \left\| L_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) \right\|_{4 \times 4},$$

$$L_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \left(\mu \Delta - \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \delta_{jk} - (\lambda + \mu) \frac{\partial^2}{\partial x_j \partial x_k}, \quad j, k = 1, 2,$$

$$L_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = -\gamma_{j-2} \frac{\partial^2}{\partial t \partial x_k}, \quad L_{kj} = -\gamma_{j-2} \frac{\partial}{\partial x_k}, \quad k = 1, 2, \quad j = 3, 4,$$

$$L_{kj}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \delta_{kj} \left(\delta_{j-2} \Delta - a_{j-2} \frac{\partial}{\partial t} \right) + (\delta_{kj} - 1) a_{12} \frac{\partial}{\partial t}, \quad k, j = 3, 4.$$

$U = (u, u_3, u_4)$, $u = (u_1, u_2)$ - вектор смещения; u_3 - изменение температуры; u_4 - «химический» потенциал среды; $\Psi = (\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4)$ - заданный вектор, $x = (x_1, x_2)$ - точка евклидова пространства R^2 , t - время, Δ - двумерный оператор Лапласа, δ_{jk} - символ Кронекера, $\lambda, \mu, \gamma_j, a_j, \delta_j$, $j = 1, 2, a_{12}$ - известные упругие, термические и диффузионные постоянные [1,2].

Пусть D_k конечная область ограниченная кривой S_k , причем $S_k \cap S_j = \emptyset$, $k \neq j$, $k, j = \overline{0, m}$; S_0 - охватывает все остальные, а эти последние не охватывают друг друга;

$$\overline{D}_k = D_k \cup S_k, \quad S = \bigcup_{k=0}^m S_k, \quad D = D_0 \setminus \bigcup_{k=1}^m \overline{D}_k.$$

$\Pi_\infty = \{(x, t) : x \in D, t \in [0, \infty)\}$ - бесконечный цилиндр,

$S_\infty = \{(x, t) : x \in S, t \in [0, \infty)\}$ - боковая поверхность цилиндра.

Задача 1. Найти в цилиндре регулярный вектор $U \in C^1(\overline{\Pi_\infty}) \cap C^2(\Pi_\infty)$ удовлетворяющий условиями

$$\forall (x, t) \in \Pi_\infty : L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)U(x, t) = \Psi(x, t),$$

$$\forall x \in D : \lim_{t \rightarrow +0} u(x, t) = \varphi^{(0)}(x), \quad \lim_{t \rightarrow +0} \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \varphi^{(1)}(x)$$

$$\lim_{t \rightarrow +0} u_j(x, t) = \varphi_j^{(0)}(x), \quad j = 3, 4$$

$$\forall (y, t) \in S_\infty : \begin{cases} U^+(y, t) = F^k(y, t), \quad k = \overline{0, m_1}, \\ \left[R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)U(y, t) \right]^+ = F^k(y, t), \quad k = \overline{m_1 + 1, m_2}, \\ \left[P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)U(y, t) \right]^+ = F^k(y, t), \quad k = \overline{m_2 + 1, m_3}, \\ \left[Q\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)U(y, t) \right]^+ = F^k(y, t), \quad k = \overline{m_3 + 1, m} \end{cases}$$

и для больших значений t

$$\left| \frac{\partial^l U(x, t)}{\partial_t^l \partial_{x_1}^{l_2} \partial_{x_2}^{l_3}} \right| \leq c \cdot \exp(\sigma_0 t), \quad l = l_1 + l_2 + l_3, \quad l = 0, 1, 2, \quad c > 0, \quad \sigma_0 \geq 0.$$

Здесь $n = (n_1, n_2)$ – орт внешней нормали в точке $y \in S$;

$$RU = \left(HU, \frac{\partial u_3}{\partial n}, \frac{\partial u_4}{\partial n} \right), \quad PU = (HU, -u_3, -u_4), \quad QU = \left(u, \frac{\partial u_3}{\partial n}, \frac{\partial u_4}{\partial n} \right), \quad HU = Tu - \gamma_1 n u_3 - \gamma_2 n u_4$$

- вектор термодиффузионного напряжения [2], $\varphi^{(j)} = (\varphi_1^{(j)}, \varphi_2^{(j)})$, $j = 0, 1$, $\varphi_j^{(0)}$, $j = 3, 4$;

$$F^{(k)} = (f^{(k)}, f_3^{(k)}, f_4^{(k)}), \quad f^{(k)} = (f_1^{(k)}, f_2^{(k)})$$

- заданные достаточно гладкие функции [1, 2].

Задача не имеет более одного регулярного решения. Доказательство проводится так же как в [2].

Введем вектор $U_0(x, t) = U(x, t) - V(x, t)$, где $U(x, t)$ - решение исходной задачи, а

$$V(x, t) = (v, v_3, v_4) = (v_1, v_2, v_3, v_4), \quad v(x, t) = e^{-t^8} \sum_{k=1}^7 \frac{t^k}{k!} \varphi_{(x)}^{(k)}, \quad v_j(x, t) = e^{-t^7} \sum_{k=1}^6 \frac{t^k}{k!} \varphi_{j(x)}^{(k)}, \quad j = 3, 4.$$

Ясно, что $U_0(x, t)$ будет решением задачи I_0 с однородными начальными данными.

Пусть $\tau = \sigma + i\omega$ - комплексная переменная в полуплоскости $\pi_{\sigma_0} = \{\tau : \operatorname{Re} \tau \geq \sigma'_0 > \sigma_0\}$, где $\sigma'_0 = \max\{\sigma_0, \sigma_\varepsilon\}$, σ_ε - некоторый конечный параметр [1].

Формальным применением преобразования Лапласа

$$\hat{U}_0(x, \tau) = \int_0^{+\infty} e^{-\tau t} U_0(x, t) dt$$

получаем эллиптическую граничную задачу:

Задача \hat{I}_0 . Найти в области $\{x \in D, \tau \in \pi_{\sigma_0}\}$ регулярный вектор $\hat{U}_0(x, \tau)$ из условий

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right)\hat{U}_0(x, \tau) = \hat{\Psi}_0(x, \tau)$$

$$\hat{U}_0^+(y, \tau) = \hat{F}_0^{(k)}(y, \tau), y \in \bigcup_{k=0}^{m_1} S_k,$$

$$\left[R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\hat{U}_0(y, \tau)\right]^+ = \hat{F}_0^{(k)}(y, \tau), y \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k,$$

$$\left[P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\hat{U}_0(y, \tau)\right]^+ = \hat{F}_0^{(k)}(y, \tau), y \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k,$$

$$\left[Q\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\hat{U}_0(y, \tau)\right]^+ = \hat{F}_0^{(k)}(y, \tau), y \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k.$$

Единственность решения задачи \hat{I}_0 доказывается так же как в [1], с учетом краевых условий.

Решение задачи \hat{I}_0 ищем в виде

$$\hat{U}_0(x, \tau) = -\frac{1}{2} \int_D G(x, y, D^{(m_1)}, i\tau) \hat{\Psi}_0(y, \tau) dy - \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{m_1} \int_{S_k} \left[\tilde{R}\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* \hat{F}_0^{(k)}(y, \tau) dy S +$$

$$+ \sum_{k=m_1+1}^{m_2} \int_{S_k} G(x, y) \varphi(y) dy S + \sum_{k=m_2+1}^{m_3} \int_{S_k} \left[\tilde{Q}\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* \varphi(y) dy S + \sum_{k=m_2+1}^{m_3} \int_{S_k} \left[P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* \varphi(y) dy S.$$

Здесь $D^{(m_1)} = D_0 \setminus \bigcup_{k=1}^{m_1} \bar{D}_k$, $G(x, y, D^{(m_1)}, i\tau)$ - тензор Грина задачи \hat{I}_0 , при

$$0 \leq m_1 \quad (m_1 = m_2 = m_3 = m).$$

Существование тензора Грина вытекает из результатов полученных в работе [2].

\tilde{R}, \tilde{Q} - сопряженные с R, Q - операторы, * - указывает на операцию транспонирования, $\varphi(y)$ неизвестный вектор и для его определения получаем систему сингулярных интегральных уравнений

$$a(z)\varphi(z) + \sum_{k=m_1+1}^m \int_{S_k} K(z, y)\varphi(y) ds + \sum_{k=m_1+1}^m \int_{S_k} K^{(1)}(z, y)\varphi(y) ds = l(z),$$

где $K(z, y)$ сингулярная матрица.

$$K(z, y) = \begin{cases} \tilde{R}\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right)\Gamma^*(z-y, i\tau), & z, y \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k \\ P\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right)\left[\tilde{Q}\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Gamma^*(z-y, i\tau)\right]^*, & z, y \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k, \\ \tilde{Q}\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\left[P\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right)\Gamma^*(z-y, i\tau)\right]^*, & z, y \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k, \end{cases}$$

$$a(z) = \begin{cases} 1, & z \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k \cup \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k \\ -1, & z \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k \cup, \end{cases}$$

$k^{(1)}(z, y)$ - вполне определенные непрерывные матрицы, $l(z)$ - известный вектор, $G(x, y, i\tau) = \Gamma(x - y, i\tau) - g(x, y, i\tau)$ [2,3].

Так же как и в [1,2], показано, что для этой системы справедлива теория интегральных уравнений Фредгольма и система однозначно разрешима для $\tau \in \pi_{\sigma_0}$. Итак $\hat{U}_0(x, \tau)$ является регулярным решением задачи \hat{I}_0 . $\hat{U}_0(x, \tau)$ аналитический вектор в π_{σ_0} и допускает асимптотические оценки

$$|\hat{U}_0(x, \tau)| < \frac{c}{|\tau|^\alpha}, \quad \left| \frac{\partial \hat{U}_0(x, \tau)}{\partial x_k} \right| < \frac{c}{|\tau|^{\beta+\alpha}}, \quad \alpha > 0,$$

$$k = 1, 2, \forall x \in \bar{D}, \forall \tau \in \pi_{\sigma_0},$$

$$\left| \frac{\partial^2 \hat{U}_0(x, \tau)}{\partial x_k \partial x_j} \right| < \frac{c}{|\tau|^{1+\alpha}}, \quad \alpha > 0, \quad k, j = 1, 2,$$

$$\forall x \in \bar{D}' \lll D, \forall \tau \in \pi_{\sigma_0}.$$

На основании этих оценок вектор $\hat{U}_0(x, \tau)$ удовлетворяет условиям для обращения преобразования Лапласа и оригинал определяется интегралом

$$U_0(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{st} \hat{U}_0(x, \tau) d\tau$$

который является решением задачи I_0 и следовательно

$$U(x, t) = U_0(x, t) + V(x, t)$$

является решением динамической задачи I.

ЛИТЕРАТУРА

1. Купрадзе В.Д., Гегелия Т.Г., Башелейшвили М.О., Бурчуладзе Т.В. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. –Москва, Наука, 1976, 658 с.
2. Бурчуладзе Т.В., Гегелия Т.Г. Развитие метода потенциала в теории упругости. -Тбилиси, Мецниереба, 1985, 226 с.
3. Бурчуладзе Т.В., Рухадзе Р.В. Тензоры Грина в теории упругости. Дифференциальные уравнения, 1974, т.10, №10.

SUMMARY

ON THE SOLVABILITY OF THE TWO-DIMENSIONAL DYNAMIC PROBLEM OF THERMODIFFUSION

Bezhuashvili Yu.A. and Kachakhidze N.D.
Georgian Technical University

In the present work, for a system of non-stationary equations of the adjoint theory of elastic-thermo-diffusion, a two-dimensional dynamic problem is studied for a finite domain with mixed boundary conditions. The theorems of existence and uniqueness of classical solutions are proved.

Keywords: conjugation theory, dynamics, thermal diffusion, Laplace transformation, classical solution, elastic.

SUMMABILITY OF KOTELNIKOV DOUBLE SERIES BY LEBESQUE METHOD

Skhirtladze I.A.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics Georgian Technical University

Abstract. The problem of summability of Kotelnikov double series by Lebesque opinion is considered.**Keywords:** Kotelnikov double series, summability, coefficients of A and B classes.

In 1915 year E.T. Whittaker [1] has proved the theorem of harmonic analysis which hereafter was coming to light as the theorem of sampling. This theorem was widely used in the theory of communication and information. Along with it the determination of the properties of so-called Kotelnikov series and the study of their behavior was originated.

Kotelnikov series presents the series of such type:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \frac{\sin(x - n\pi)}{x - n\pi} \quad (1)$$

In the paper [2] the significant properties of the mentioned series were determined in the terms of C_n -coefficients.

In particular, if the sequence (C_n) approaches zero monotonically, $C_n \downarrow 0$, then the series (1) is equally convergent on the axis of natural numbers or in the interval $(-\infty, \infty)$.

In the papers [3,4] the local equal summability of Kotelnikov multiple series are considered.

We obtain Kotelnikov double series as so-called multiplicative form:

$$\sum_{k,j=0}^{\infty} C_{kj} \frac{\sin(x - k\pi)}{x - k\pi} \frac{\sin(y - j\pi)}{y - j\pi} \quad (2)$$

We consider the problem of summability of Kotelnikov series of even such type by Lebesque opinion. In the papers [5,6] the problem of summability of double numerical series is presented by Lebesque opinion, which we use essentially.

Let's compose the expression for double numerical series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$:

$$F(x, y) = \sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn} \frac{\sin mx}{mx} \frac{\sin ny}{ny} \quad (3)$$

If the series (3) is convergent in the interval $(-0,1; 0,1)$ and $\lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ y \rightarrow 0}} F(x, y) = S$, then we can

say that the double series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$ is convergent to number (S) by Lebesque opinion.

Definition 1. Let's nominate the double series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$ as double series of A-class if the following conditions are satisfied:

$$\sum_{i=0}^{\infty} |a_{in}| = o\left(\frac{1}{n+1}\right) \text{ and } \sum_{k=0}^{\infty} |a_{mk}| = o\left(\frac{1}{m+1}\right) \quad m, n = \overline{1, \infty}$$

Definition 2. Let's nominate the double series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$ as double series of B-class if the following conditions are satisfied:

$$\sum_{i=0}^{\infty} |a_{in}| = O\left(\frac{1}{n+1}\right) \text{ and } \sum_{k=0}^{\infty} |a_{mk}| = O\left(\frac{1}{m+1}\right) \quad m, n = \overline{1, \infty}$$

where o (small) and O (big) are well-known Landau values.

For the series (2) the function $F(x, y)$ will be written in the following form

$$F(x, y) = \sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn} \frac{\sin(x-m\pi)}{x-m\pi} \frac{\sin(y-n\pi)}{y-n\pi} \frac{\sin mx}{mx} \frac{\sin ny}{ny}$$

Theorem 1. If the double series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$ is of A-class and summable to some S-number then Kotelnikov double series (3) is summable by Lebesque opinion to S-numbers nearly everywhere.

Theorem 2. If the double series $\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{mn}$ is of B-class and summable to some S-number then Kotelnikov double series (3) is summable by Lebesque opinion to S-numbers nearly everywhere.

REFERENCES

1. E.T. Whittaker. On the functions which are represented by the expansions of the interpolator theory. Proc. Roy. Soc. Ed. v.35, 1915, pp.181-194.
2. A.I. Shmukler, I.A. Shulman. Izv. vysshikh ychebnikh zavedinii, #3, 1974. (Russian).
3. I. Skhirtladze, N. Skhirtladze. Some properties of Kotelnikov series. Bull. Georgian Acad. Sci. 166, 2002, No. 3, pp.438-440.
4. I. Skhirtladze, N. Skhirtladze. On the Kotelnikov's series. //Georgian International journal of science and Technology, vol.5, 2013, pp.87-92.
5. V.G. Chelidze. Some methods of summation of double series and double integrals. - Tbilisi, Publishing House of Tbilisi State University, 1977, pp.68-80 (Russian)
6. Tevzadze N.R. Summation of double series by Lebesque method. /Proceedings of Georgian Academy of Sciences, 1953, 14, pp.19-29 (Russian)

РЕЗЮМЕ

ПРОБЛЕМА СУММИРУЕМОСТИ ДВОЙНОГО РЯДА КОТЕЛЬНИКОВА ПО МЕТОДУ ЛЕБЕГА

Схиртладзе И.А.

Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе Грузинского Технического Университета

Рассмотрена проблема суммируемости двойного ряда Котельникова по мнению Лебега.

Ключевые слова: двойной ряд Котельникова, суммируемость, коэффициенты А и В класса.

**ТЕРМОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ
В ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ**

Горгидзе Д.А., Гулуа Н.Г., Цицкишвили З.А.

Грузинский технический университет

Упругие, полые и сплошные цилиндры конечной длины часто используются в практике как элементы конструкций. Напряженно-деформированное состояние таких тел исследуются во многих работах и им посвящен широкий круг публикаций [1,2].

Часто при решении этих задач, решения уравнения равновесия строятся в виде рядов Фурье-бесселя [3-8]. Однако удовлетворение граничных условия приводит к бесконечным системам алгебраических уравнений относительно коэффициентов этих рядов.

Многие авторы изучали напряженно-деформированное состояние конфокальных эллиптических колец. Первая работа по этому вопросу принадлежит А. Тимпе, которая была напечатана в 1905 году в журнале *Mathematik und Physik*. Для решения задачи он применил функцию Эри, представленную как ряд по некоторой системе частных решений бигармонического уравнения. Но как указал Н.И. Мухелишвили решение Тимпе неполное и предложил свое решение. В дальнейшем многие ученые возвращались к этой проблеме. В их числе можно назвать: работу М.П. Шерментьева, А.И. Каландия, С.Г. Михлин [9-11].

В этой статье будет рассмотрено термоупругое состояние эллиптического полого и сплошного цилиндра, подверженного внешнему и внутреннему давлению. Сначала общее уравнение будет получено методом, аналогичным методу Н.Г. Хомасуриде [12]. Далее уравнения будут адаптированы к случаю эллиптического кольца. Будет показано, что существует точное аналитическое решение задачи.

2. Основные уравнения

При решении задач теории упругости необходимо иметь общее решение уравнений равновесия не только в прямоугольной декартовой системе координат, но целесообразно иметь такие решения и в произвольной криволинейной системе координат, так как во многих случаях использование криволинейных координат упрощает построение решения рассматриваемой задачи.

Основные соотношения классической теории термоупругости в ортогональных криволинейных координатах имеют следующий вид [13]:

1. уравнения равновесия

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial \alpha_1} (H_2 H_3 \sigma_{11}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_2} (H_3 H_1 \sigma_{12}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_3} (H_1 H_2 \sigma_{13}) + H_3 \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_2} \sigma_{12} + \\ & + H_2 \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_3} \sigma_{13} - H_3 \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_1} \sigma_{22} - H_2 \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_1} \sigma_{33} + H_1 H_2 H_3 F_1 = 0 \\ & \frac{\partial}{\partial \alpha_2} (H_3 H_1 \sigma_{22}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_3} (H_1 H_2 \sigma_{23}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_1} (H_2 H_3 \sigma_{21}) + H_1 \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_3} \sigma_{23} + \\ & + H_3 \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_1} \sigma_{21} - H_1 \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_{21}} \sigma_{33} - H_3 \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_{21}} \sigma_{11} + H_1 H_2 H_3 F_2 = 0 \\ & \frac{\partial}{\partial \alpha_3} (H_1 H_2 \sigma_{33}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_1} (H_2 H_3 \sigma_{31}) + \frac{\partial}{\partial \alpha_1} (H_2 H_3 \sigma_{32}) + H_2 \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_1} \sigma_{31} + \\ & + H_1 \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_2} \sigma_{32} - H_2 \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_3} \sigma_{11} - H_1 \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_3} \sigma_{22} + H_1 H_2 H_3 F_3 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжения; H_i – параметры Ламе; α_i – криволинейные координаты.

2. компоненты деформации

$$\varepsilon_{11} \approx e_{11} = \frac{1}{H_1} \frac{\partial u_1}{\partial \alpha_1} + \frac{1}{H_1 H_2} \frac{\partial u_1}{\partial \alpha_1} +$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{11} \approx e_{11} &= \frac{1}{H_1} \frac{\partial u_1}{\partial \alpha_1} + \frac{1}{H_1 H_2} \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_2} u_2 + \frac{1}{H_1 H_3} \frac{\partial H_1}{\partial \alpha_3} u_3 \\ \varepsilon_{22} \approx e_{22} &= \frac{1}{H_2} \frac{\partial u_2}{\partial \alpha_2} + \frac{1}{H_2 H_3} \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_3} u_3 + \frac{1}{H_1 H_2} \frac{\partial H_2}{\partial \alpha_1} u_1 \\ \varepsilon_{33} \approx e_{33} &= \frac{1}{H_3} \frac{\partial u_3}{\partial \alpha_3} + \frac{1}{H_1 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_1} u_1 + \frac{1}{H_2 H_3} \frac{\partial H_3}{\partial \alpha_2} u_2 \\ \varepsilon_{12} \approx e_{12} &= \frac{H_2}{H_1} \frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{u_2}{H_2} \right) + \frac{H_1}{H_2} \frac{\partial}{\partial \alpha_2} \left(\frac{u_1}{H_1} \right) \\ \varepsilon_{23} \approx e_{23} &= \frac{H_3}{H_2} \frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{u_3}{H_3} \right) + \frac{H_2}{H_3} \frac{\partial}{\partial \alpha_2} \left(\frac{u_2}{H_2} \right) \\ \varepsilon_{13} \approx e_{13} &= \frac{H_3}{H_1} \frac{\partial}{\partial \alpha_1} \left(\frac{u_3}{H_3} \right) + \frac{H_1}{H_3} \frac{\partial}{\partial \alpha_3} \left(\frac{u_1}{H_1} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

здесь e_{ij} -компоненты деформации.

3. Компоненты вектора поворота

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 &= \frac{1}{2} (\text{rot} \vec{U})_{k_1} = \frac{1}{2} \frac{1}{H_2 H_3} \left(\frac{\partial H_3 u_3}{\partial \alpha_2} - \frac{\partial H_2 u_2}{\partial \alpha_3} \right) \\ \omega_2 &= \frac{1}{2} (\text{rot} \vec{U})_{k_2} = \frac{1}{2} \frac{1}{H_1 H_3} \left(\frac{\partial H_1 u_1}{\partial \alpha_3} - \frac{\partial H_3 u_3}{\partial \alpha_1} \right) \\ \omega_3 &= \frac{1}{2} (\text{rot} \vec{U})_{k_3} = \frac{1}{2} \frac{1}{H_1 H_2} \left(\frac{\partial H_2 u_2}{\partial \alpha_1} - \frac{\partial H_1 u_1}{\partial \alpha_2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

4. Формулы закона Гука

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{11} &= c_{11} e_{11} + c_{12} e_{22} + c_{13} e_{33} + c_{14} e_{23} + c_{15} e_{13} + c_{16} e_{12} \\ \sigma_{22} &= c_{21} e_{11} + c_{22} e_{22} + c_{23} e_{33} + c_{24} e_{23} + c_{25} e_{13} + c_{26} e_{12} \\ \sigma_{33} &= c_{31} e_{11} + c_{32} e_{22} + c_{33} e_{33} + c_{34} e_{23} + c_{35} e_{13} + c_{36} e_{12} \\ \sigma_{23} &= c_{41} e_{11} + c_{42} e_{22} + c_{43} e_{33} + c_{44} e_{23} + c_{45} e_{13} + c_{46} e_{12} \\ \sigma_{13} &= c_{51} e_{11} + c_{52} e_{22} + c_{53} e_{33} + c_{54} e_{23} + c_{55} e_{13} + c_{56} e_{12} \\ \sigma_{12} &= c_{61} e_{11} + c_{62} e_{22} + c_{63} e_{33} + c_{64} e_{23} + c_{65} e_{13} + c_{66} e_{12} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где c_{ij} -упругие постоянные.

Принимая во внимание выше полученные выражения, запишем основные зависимости теории термоупругости для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) трансверсально изотропных тел в цилиндро-эллиптических координатах.

Получение этих зависимостей наиболее удобно вести в цилиндро-эллиптической системе координат ξ, α, z ; ($0 \leq \xi < \infty, -\pi < \alpha \leq \pi, -\infty < z < \infty$), связанные с прямоугольными декартовыми координатами x, y, z следующими формулами $x = a c h \xi \cos \alpha, y = a s h \xi \sin \alpha, z = z,$

для параметров Ламе, принимаем: $H_1 = h_\xi$, $H_2 = h_\alpha$, $H_3 = h_z$, при этом

$$h_\xi = h_\alpha = h = a \left(ch^2 \xi - \cos^2 \alpha \right)^{1/2} = \frac{a}{2^{1/2}} \left(ch^2 \xi - \cos^2 \alpha \right)^{1/2}, \quad h_z = 1 \text{ параметры Ламе,}$$

a - масштабный коэффициент.

Исходные зависимости теории термоупругости имеют следующий вид: уравнения равновесия

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(h\sigma_\xi)}{\partial\xi} + \frac{1}{h} \frac{\partial(h^2\tau_{\xi\alpha})}{\partial\alpha} + \frac{\partial(h^2\tau_{\xi z})}{\partial z} - \frac{\partial h}{\partial\xi} \sigma_\alpha &= 0, \\ \frac{\partial(h\sigma_\alpha)}{\partial\alpha} + h^2 \frac{\partial\tau_{\alpha z}}{\partial z} + \frac{1}{h} \frac{\partial(h^2\tau_{\xi\alpha})}{\partial\xi} - \frac{\partial h}{\partial\alpha} \sigma_\xi &= 0, \\ h^2 \frac{\partial\sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial(h\tau_{z\alpha})}{\partial\alpha} + \frac{\partial(h\tau_{z\xi})}{\partial\xi} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $\sigma_\theta, \sigma_\alpha, \sigma_z$ - нормальные напряжения; $\tau_{\theta\xi} = \tau_{\xi\theta}, \tau_{\theta z} = \tau_{z\theta}, \tau_{\alpha z} = \tau_{z\alpha}$ - касательные напряжения.

Закон Гука (физический закон), которая предполагает самую простую, линейную зависимость между компонентами напряжения и соответствующими им компонентам деформации для трансверсально-изотропного тела записывается так:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\xi &= c_1 \varepsilon_{\xi\xi} + (c_1 - 2c_5) \varepsilon_{\alpha\alpha} + c_3 \varepsilon_{zz} - k_{10} T = c_1 \left(\frac{1}{h^2} \frac{\partial(hu)}{\partial\xi} + \frac{\partial(hv)}{\partial\alpha} \right) - \\ &- 2c_5 \left(\frac{1}{h} \frac{\partial v}{\partial\alpha} + \frac{1}{h^2} \frac{\partial h}{\partial\xi} u \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} - k_{10} T, \\ \sigma_\alpha &= (c_1 - 2c_5) \varepsilon_{\xi\xi} + c_1 \varepsilon_{\alpha\alpha} + c_3 \varepsilon_{zz} - k_{10} T = c_1 \left(\frac{1}{h^2} \frac{\partial(hu)}{\partial\xi} + \frac{\partial(hv)}{\partial\alpha} \right) - \\ &- 2c_5 \left(\frac{1}{h} \frac{\partial u}{\partial\xi} + \frac{1}{h^2} \frac{\partial h}{\partial\alpha} v \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} - k_{10} T, \\ \sigma_z &= c_3 (\varepsilon_{\xi\xi} + \varepsilon_{\alpha\alpha}) + c_2 \varepsilon_{zz} - k_{10} T = c_3 \frac{1}{h^2} \left(\frac{\partial(hu)}{\partial\xi} + \frac{\partial(hv)}{\partial\alpha} \right) + c_2 \frac{\partial w}{\partial z} - k_{20} T, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{\xi\alpha} = \tau_{\alpha\xi} = c_5 \varepsilon_{\xi\alpha} = c_5 \left(\frac{\partial}{\partial\xi} \left(\frac{v}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial\alpha} \left(\frac{u}{h} \right) \right), \\ \tau_{\xi z} = \tau_{z\xi} = c_4 \varepsilon_{\xi z} = c_4 \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{h} \frac{\partial w}{\partial\xi} \right), \\ \tau_{\alpha z} = \tau_{z\alpha} = c_4 \varepsilon_{z\alpha} = c_4 \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{h} \frac{\partial w}{\partial\alpha} \right). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где u, v, w – компоненты вектора смещения \vec{U} вдоль координатных линии ξ, α, z $\varepsilon_\xi, \varepsilon_\alpha, \varepsilon_z, \varepsilon_{\xi\alpha} = \varepsilon_{\alpha\xi}, \varepsilon_{\xi z} = \varepsilon_{z\xi}, \varepsilon_{\alpha z} = \varepsilon_{z\alpha}$ – деформации, c_i ($i = \overline{1,5}$) – упругие характеристики, $k_{10} = [2(c_1 - c_5)k_1 + c_3k_2]$, $k_{20} = [2c_3k_1 + c_2k_2]$, а k_1 и k_2 – коэффициенты линейного теплового расширения в плоскости изотропии и вдоль z . T – температура в упругом теле подчиняющаяся уравнению

$$\Delta_2 T + \lambda_0 \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} = 0 \quad (8)$$

и соответствующим граничным условиям,

$$\text{при } \xi = \xi_i: \frac{\partial T}{\partial \xi} = 0 \text{ или } T = 0; \text{ при } \alpha = \alpha_i: \frac{\partial T}{\partial \alpha} = 0 \text{ или } T = 0; \quad (9)$$

$$\text{при } z = z_i: T = T_i(\xi, \alpha) \text{ или } \frac{\partial T}{\partial z} = \tilde{T}_i(\xi, \alpha) \text{ или } \frac{\partial T}{\partial z} + \eta_i T = \tilde{T}_i(\xi, \alpha). \quad (10)$$

Здесь $i = 0, 1$, η_i – заданные постоянные. λ_1 и λ_2 коэффициенты теплопроводности в плоскости изотропии и вдоль оси z . $\Delta_2 = h^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} \right)$;

С учетом формул (6) и (7) уравнения равновесия (5) перепишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} a) \quad & \frac{\partial K}{\partial \xi} - \frac{\partial B}{\partial \alpha} + h \frac{\partial \tau_{\xi z}}{\partial z} = 0, \\ b) \quad & \frac{\partial B}{\partial \xi} + \frac{\partial K}{\partial \alpha} + h \frac{\partial \tau_{\alpha z}}{\partial z} = 0, \\ c) \quad & \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \xi} (h \tau_{\alpha z}) - \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \alpha} (h \tau_{\xi z}) - \frac{c_4}{c_5} \frac{\partial B}{\partial z} = 0, \\ d) \quad & \frac{c_3}{c_1} \frac{\partial K}{\partial z} + \frac{c_1 c_2 - c^2}{c_1} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \xi} (h \tau_{\alpha z}) + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \alpha} (h \tau_{\xi z}) = \frac{c_2 k_{20} - c_3 k_{10}}{c_1} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$a) \quad K = c_1 \left(\frac{\partial(hu)}{\partial \xi} + \frac{\partial(hv)}{\partial \alpha} \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} - k_{10} T; \quad b) \quad B = \frac{c_5}{h^2} \left(\frac{\partial(hv)}{\partial \xi} + \frac{\partial(hu)}{\partial \alpha} \right). \quad (12)$$

Рассмотрим термоупругое равновесие криволинейного координатного параллелепипеда $\Pi = \{(\theta, \alpha, \zeta) \in R : \xi_0 < \xi < \xi_1, \alpha_0 \leq \alpha < \alpha_1, z_0 < z < z_1\}$ со следующими граничными условиями:

$$\text{при } \xi = \xi_i: \quad a) \quad \frac{\partial T}{\partial \xi} = 0, u=0, B=0, \tau_{\xi z} = 0; \quad (13)$$

$$b) \quad T = 0, K=0, v=0, w = 0;$$

$$\text{при } \alpha = \alpha_i: \quad a) \quad \frac{\partial T}{\partial \alpha} = 0, v=0, B=0, \tau_{\alpha z} = 0; \quad (14)$$

$$b) \quad T = 0, K=0, u=0, w = 0;$$

$$\begin{aligned}
 \text{при } z=z_i \quad & a) \sigma_z = F_{i1}(\xi, \alpha), h\tau_{z\xi} = F_{i2}(\xi, \alpha), h\tau_{\alpha z} = F_{i3}(\xi, \alpha); \\
 & b) w = f_{i1}(\xi, \alpha), hu = f_{i2}(\xi, \alpha), hv = f_{i3}(\xi, \alpha); \\
 & c) w = f_{i1}(\xi, \alpha), h\tau_{\xi z} = F_{i2}(\xi, \alpha), h\tau_{\alpha z} = F_{i3}(\xi, \alpha); \\
 & d) \sigma_z = F_{i1}(\xi, \alpha), hu = f_{i2}(\xi, \alpha), hv = f_{i3}(\xi, \alpha);
 \end{aligned} \tag{15}$$

$$z = z_i: \quad a) T = t_i(\xi, \alpha), \quad b) \frac{\partial T}{\partial z} = t_i(\xi, \alpha), \quad c) \frac{\partial T}{\partial z} + Y_i T = t_i(\xi, \alpha), \tag{16}$$

Здесь $i = 0, 1$, причем $\zeta_0 = 0$; Y_i - заданные постоянные.

Для решения граничных задач применим метод разделения переменных, поэтому вышеприведенные граничные условия представим в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \text{при } \zeta = \zeta_i \quad & a) \sigma_\zeta = F_{i1}(\theta, \alpha), \Gamma_1(h\tau_{\zeta\theta}, h\tau_{\alpha z}) = \tilde{F}_{i2}(\theta, \alpha), \Gamma_2(h\tau_{\alpha z}, h\tau_{\zeta\theta}) = \tilde{F}_{i3}(\theta, \alpha); \\
 & b) w = f_{i1}(\theta, \alpha), \Gamma_1(hu, hv) = \tilde{f}_{i2}(\theta, \alpha), \Gamma_2(hv, hu) = \tilde{f}_{i3}(\theta, \alpha); \\
 & c) w = f_{i1}(\theta, \alpha), \Gamma_1(h\tau_{\zeta\theta}, h\tau_{\alpha z}) = \tilde{F}_{i2}(\theta, \alpha), \Gamma_2(h\tau_{\alpha z}, h\tau_{\zeta\theta}) = \tilde{F}_{i3}(\theta, \alpha); \\
 & d) \sigma_\zeta = F_{i1}(\theta, \alpha), \Gamma_1(hu, hv) = \tilde{f}_{i2}(\theta, \alpha), \Gamma_2(hv, hu) = \tilde{f}_{i3}(\theta, \alpha);
 \end{aligned}$$

$$\text{где} \quad \Gamma_1(\eta_1, \eta_2) = \frac{1}{h^2} \left(\frac{\partial \eta_1}{\partial \zeta} + \frac{\partial \eta_2}{\partial \alpha} \right), \quad \Gamma_2(\eta_2, \eta_1) = \frac{1}{h^2} \left(\frac{\partial \eta_2}{\partial \zeta} - \frac{\partial \eta_1}{\partial \alpha} \right).$$

В настоящей работе строится регулярное решение для граничных задач (5, 13-15).

Теорема. Для рассматриваемого класса граничных задач термоупругости в эллиптической системе координат, точные решения в классе регулярных функции представляются в виде

$$\begin{aligned}
 hu &= \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) + \frac{1}{c_5} \frac{\partial \psi_1}{\partial \alpha}, \\
 hv &= \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) - \frac{1}{c_5} \frac{\partial \psi_1}{\partial \xi}, \\
 hw &= -\frac{\partial}{\partial z} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) + \frac{1}{c_4} \frac{\partial \psi_2}{\partial z}
 \end{aligned}$$

где ψ_1, ψ_2, ψ_3 решения следующих уравнений

$$\begin{aligned}
 a) \quad & \frac{c_4}{c_5} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial^2 z} + \Delta_2 \psi_1 = 0, \\
 b) \quad & \frac{\partial^2 \psi_3}{\partial^2 z} + \nu_1 \Delta_2 \psi_3 + \nu_2 \Delta_2 \psi_2 = \nu_4 T, \\
 c) \quad & \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial^2 z} + \nu_1 \Delta_2 \psi_2 + \nu_3 \Delta_2 \psi_2 = \nu_5 T,
 \end{aligned}$$

$$\text{здесь } \nu_1 = \frac{c_1 c_2 - c_3 (c_3 + 2c_4)^2}{2c_2 c_4}, \nu_2 = \frac{c_1 c_2 - c_3 (c_3 + 2c_4)^2}{4c_2 c_4}, \nu_3 = \frac{c_1 c_2 - c_3^2}{c_2}, \nu_4 = \frac{c_2 k_{10} - (c_3 + 2c_4) k_{20}}{2c_2 c_4}$$

$$\nu_5 = \frac{c_2 k_{10} - c_3 k_{20}}{c_2}.$$

В заключении заметим, что полученные точные решения позволяют для трансформированных тел, ограниченных координатными поверхностями цилиндрической эллиптической систем координат, решать некоторые конкретные граничные задачи теории термоупругости. В ближайшее время будут опубликованы соответствующие работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян Б. Л., Александров А. Я. Осесимметричная задача теории упругости //Тр. II Всесоюз. съезда по теорет. и прикл. механике. – Москва: Наука, 1966, Вып. 3. сс. 7-37.
2. Колтунов М. А., Васильев Ю. Н., Черных В. А. Упругость и прочность цилиндрических тел. – Москва: Высш. шк., 1975, 526 с.
3. Meleshko V. V. Equilibrium of an elastic finite cylinder: Filon's problem revisited. // J. Eng. Math., 2003, **46**, No. 3-4, pp. 355–376.
4. Tokovyy Yu. V., Chieng-Ching Ma. Analysis of residual stresses in a long hollow cylinder. // Int. J. Pres. Ves. Pip., 2011, **88**, No. 5-7, pp. 248-255.
5. Кушнір Р. М., Процюк Б. В., Синюта В. М. Квазістатичні температурні напруження в багатопшаровому утермочутливому циліндрі. // Фіз.-хім. механіка матеріалів. 2004, **40**, № 4, сс. 7-16.
6. Jiayi Zhou, Zichen Deng, Xiuhui Hou. Transient thermal response in thick orthotropic hollow cylinders with finite length: High order shell theory. // Acta Mech. Solida Sinica. 2010, **23**, No. 2, pp.156-166.
7. Григоренко Я. М., Рожок Л. С. Применение дискретных рядов Фурье к решению задач о напряженном состоянии полых цилиндров с некруговым поперечным сечением. // Прикл. механика, 2014, 50, № 2, сс. 3-26.
8. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – Москва: Изд. АН СССР, 1945, 647 с.
9. Шерметьев М.П. Упругое равновесие эллиптического кольца. // Прикладная математика и механика, т. XVII, вып.1, 1953.
10. Каландия А.И. Изгиб упругой эллиптической кольцевой пластины. // Прикл. математика и механика. 1953, **17**, № 4, сс. 693-704.
11. Михлин С.Г. Интегральные уравнения и их приложения к некоторым проблемам механики, математической физики и техники. - Москва; Ленинград: ОГИЗ; Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949, 380 с.
12. Khomasuridze N.G. Thermoelastic stress of multilayer cylindrical bodies. Journal of Thermal Stresses, 2001, v.24, No 10, pp. 919- 936. <http://www.informaworld.com/smpp/content>
13. В. В. Новожилов. Теория упругости. – Москва, Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1958, 370 с.

SUMMARY

THERMOELASTIC EQUILIBRIUM OF THE CYLINDER OF FINITE LENGTH IN AN ELLIPTIC SYSTEM OF COORDINATES

Gorgidze D.A., Gulua N.G. and Tsitskishvili Z.A.

Georgian Technical University

In the work the thermoelastic equilibrium of a hollow and entire elastic elliptic cylinder of finite length at the action of stationary temperature field and external load is considered. General equations based on the method of N.G. Khomasuridze are derived and a new exact analytical solution of the boundary task is presented.

Keywords: thermoelastic equilibrium, elliptic system, boundary task.

სამშენებლო-საინჟინერიო პროექტების რანჟირების მრავალკრიტერიუმთან
მსაპერტული მეთოდი

გორგიძე დ.ა., ხუციშვილი ს.ა., მუსერიძე რ.რ., ნებიერიძე ნ.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მშენებლობა – მატერიალური წარმოების ერთ-ერთი უძლიერესი დარგია, რომელიც მოიცავს სამშენებლო-სამონტაჟო, საპროექტო-საძიებო, საკონსტრუქტორო ორგანიზაციებს. სამშენებლო პროფილის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს, მშენებლობაში სამეურნეო მართვის ორგანოებს, ასევე მცირე ბიზნეს კომპანიებს. ძალიან დიდია მშენებლობის როლი ნაციონალური ეკონომიკის დარგების სისტემაში, ასევე მისი თავისებურებების გავლენა საინვესტიციო პროცესზე.

საინვესტიციო-სამშენებლო საქმიანობა წარმოადგენს ორგანიზაციულ, ეკონომიკურ და სამრეწველო ღონისძიებების კომპლექსს, რომელსაც ანხორციელებს სახელმწიფო ან სამშენებლო ბიზნესის მონაწილენი. მისი განვითარებისათვის მნიშვნელოვანია დარგობრივი, ტექნოლოგიური, ეკონომიკური პროპორციების და დამოკიდებულებების ხარისხობრივად შეცვლა, კადრების სტრუქტურის და ხარისხის, სამშენებლო მეცნიერების და საპროექტო სფეროს, ძირითადი შიდა და გარე კავშირების შემდგომი განვითარება და მიზანმიმართული კვლევა. აღნიშნულ პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უნდა დაიკავოს აქტუალური და პერსპექტიული საინვესტიციო პროექტების მოძიების, დასაბუთების, დამუშავების და საბოლოო რეალიზაციის პროცესებმა.

სტატიის მიზანს წარმოადგენს სამშენებლო საინვესტიციო პროექტების შეფასება ხარისხობრივი მაჩვენებლებით, მათი რანჟირება და ყველაზე პერსპექტიული პროექტების ამორჩევა.

სამშენებლო-საინვესტიციო პროექტი არის საინვესტიციო ობიექტის შექმნაზე (რეკონსტრუქცია, რესტავრაცია) ორგანიზაციულ-ტექნიკური ღონისძიებების ერთობლიობა, სადაც გამოყენებულია საკუთარი ან მოზიდული კაპიტალი სხვადასხვა წყაროებიდან, განსხვავებული დანიშნულების ობიექტების მშენებლობის ექსპლუატაციის მიზნით [1].

საინვესტიციო მენეჯმენტის თეორიაში, როგორც წესი, განიხილავენ რეალურ ინვესტიციებთან გამოსაყენებელ, საინვესტიციო ხასიათის გადაწყვეტილებების სამ ბლოკს.

- პროექტის არჩევა და რანჟირება;
- პროექტის ექსპლუატაციის ოპტიმიზაცია;
- საინვესტიციო პროგრამის ფორმირება;

მნიშვნელოვანია შესაბამისი ამოცანების გადაწყვეტა სამშენებლო-საინვესტიციო პროექტების ანალიზისა და კვლევების პროცესში.

სტატიის მიზნებიდან გამომდინარე შევჩერდებით მხოლოდ პირველ ბლოკზე, რომლის რეალიზების პროცესშიც მნიშვნელოვანია, სამშენებლო კომპანიისთვის სარეალიზაციო პროექტების შეფასების და რანჟირების ამოცანის დასმა და გადაწყვეტა.

მიზანშეწონილია პროექტების შეფასების პროცესის ორ ეტაპად ჩატარება: პირველ ეტაპზე ხდება პროექტების წინასწარი შეფასება „ექსპრეს ანალიზი“, ხოლო მეორე ეტაპზე ტარდება სრული ფინანსური ანალიზი (ძირითადი ანალიზი).

პრობლემის გადასაწყვეტად შემოთავაზებული მრავალკრიტერიუმული ექსპერტული მოდელი გულისხმობს შეფასების ბევრ კრიტერიუმს (მაჩვენებელს) და ბევრ ექსპერტს (ორზე მეტი). სამშენებლო პროექტების შეფასების და არჩევის პრობლემის გადაწყვეტა ექსპერტული მეთოდით, წარმოადგენს გარკვეული სახის პროცესს, რომლის რეალიზება ვფიქრობთ მიზანშეწონილია შემდეგი ალგორითმის საშუალებით [1,3]:

ბიჯი 1. ექსპერტული ჯგუფის ფორმირება.

ბიჯი 2. ექსპერტული ჯგუფის წევრების წინადადებების შეკრება და ანალიზი, პროექტის შეფასების მაჩვენებლების, მათი მახასიათებლების და შეფასების შესაბამისი სკალის დასადგენად.

ბიჯი 3. ჯგუფის წევრების ინდივიდუალური აზრის გამოვლენა მაჩვენებელთა შედარებით მნიშვნელოვნება ზედა კომპრომისული აზრის ფორმირება. შედეგად შეიძლება დადგინდეს მაჩვენებლების რანგი და მათი წონების სისტემა.

ბიჯი 4. ექსპერტების მიერ შეფასების ანკეტის ფორმირება და ყოველი პროექტის შეფასება ხარისხობრივი მაჩვენებლებით, შეფასების არჩეული სკალის შესაბამისად;

ბიჯი 5. შეფასების ანკეტაში თითოეული მაჩვენებლისთვის ჯამური შეფასების ფორმირება.

ბიჯი 6. მაჩვენებლების ჯამური შეფასების და დადგენილი წონების გამოყენებით, ყოველი პროექტისთვის საერთო, ინტეგრალური შეფასების გამოთვლა;

ბიჯი 7. პროექტების რანჟირება მიღებული შედეგების მიხედვით.

ნაშრომში გამოყენებულია ხარისხობრივი მაჩვენებლების სისტემა, რომელიც შედარებით მნიშვნელოვანია საინვესტიციო პროექტების კონკრეტული „კლასის“ – სამშენებლო პროექტების შესაფასებლად, წინასწარი შეფასების ეტაპზე. ესენია:

1. პროექტის შესაბამისობა სამშენებლო კომპანიის მიმდინარე სტრატეგიასთან და გრძელვადიან გეგმებთან; 2. სამეცნიერო ტექნიკური მახასიათებლები; 3. საწარმოო მაჩვენებლები; 4. გარემოს და ტექნოლოგიური მაჩვენებლები; 5. ფინანსური მაჩვენებლები (კრიტერიუმები); 6. მარკეტინგული საქმიანობის დონე. 7. განუზღვრელობის და რისკის შედარების მაჩვენებლები და ა.შ. მათი რიცხვი შეიძლება იყოს უფრო დიდი.

ჩამოთვლილი მაჩვენებლები გამოიყენება თითოეული პროექტის ქულებით შეფასებისათვის. შეფასებისთვის გამოიყენება პირობითი სკალა (მაგალითად ხუთობითი). რეალურად შეფასება ხდება ლოგიკური სკალით, მაგრამ სიმარტივისთვის, ყოველ ლოგიკურ ტერმს შევუსაბამებთ რაოდენობრივ მნიშვნელობას. ჩვენი შემთხვევისთვის შეფასება ხდება მაქსიმუმ ხუთი ქულით. (თუმცა პრაქტიკაში იყენებენ სხვა სიდიდის ქულებსაც) ცხრ. 1.

ცხრილი.1. შეფასების პირობითი სკალა (ლოგიკური და ქულების შესაბამისობა)

ლოგიკური შეფასება	ძალიან დაბალი	დაბალი	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
ქულებით შეფასება	1	2	3	4	5

შეფასების მაჩვენებლებისთვის წონების დათვლა წარმოადგენს საკმაოდ მნიშვნელოვან და შინაარსობრივ ეტაპს. ამ დროს ექსპერტმა უნდა გადაწყვიტოს, რომელი მაჩვენებელია უფრო მნიშვნელოვანი (პრიორიტეტული), სხვა მაჩვენებლებთან შედარებით, რაც განსაზღვრავს კიდევ შედეგის საბოლოო სახეს. შეფასების მაჩვენებლებისთვის წონების დადგენის განსხვავებული მეთოდები არსებობს [2,3] მათ შორის სტანდარტულ მეთოდებს წარმოადგენს ანალიტიკური იერარქიის პროცესი, რომელიც შემოთავაზებული იყოს საატის მიერ [4].

ნაშრომში გამოყენებულია შეფასების მაჩვენებლებისთვის წონების დათვლის შედარებით მარტივი მეთოდი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ექსპერტთა ჯგუფი გარკვეული წესებით ახერხებს მაჩვენებელთა რანჟირებას, მათი პრიორიტეტის და მნიშვნელობის მიხედვით (რანჟირების პროცესში შეიძლება ჩართული იყოს: ხელმძღვანელობა, პროექტის მონაწილენი და ა.შ), რის შემდეგ წონები დაითვლება შემდეგი ფორმულის გამოყენებით (ფიშბერნის წესი).

$$W_i = \frac{2(N - i + 1)}{N(N + 1)} \quad (1)$$

სადაც, W_i – i-რი მაჩვენებლის ხვედრითი წონაა; $\sum_{i=1}^m W_i = 1$, m - მაჩვენებლების რაოდენობაა.

წარმოდგენილი ალგორითმი განკუთვნილია პროექტების მდგომარეობის შესაფასებლად, და შეფასების ინტეგრალური ექსპერტული მაჩვენებლის გამოსათვლელად. ინტეგრალური შეფასების დასათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$I = \sum_{i=1}^m W_i C_i \quad (2)$$

სადაც I – ინტეგრალური შეფასებაა; W_i – i-ური მაჩვენებლის წონა. $0 < W_i < 1$; C_i – პროექტის შეფასება i-ური კრიტერიუმით; m – მაჩვენებლების რაოდენობა.

ძალზე მნიშვნელოვანია, ექსპერტთა ჯგუფმა, მაჩვენებელთა სისტემის ფორმირებასთან ერთად, განსაზღვროს შეფასების ანკეტის ფორმა [1,3,5]. ასეთი ანკეტის ფორმა, პირობითად n ექსპერტისათვის ორი ხარისხობრივი მაჩვენებლისთვის და მათი მახასიათებლებისთვის წარმოდგენილია ცხრ. 2-ში. ყოველი მაჩვენებლის დეკომპოზიცია ხდება მახასიათებლებად (მაჩვენებლის უფრო დეტალური, მახასიათებელი ჯგუფი), ყოველი ჯგუფის შეფასების შედეგები ჯამდება საშუალო არითმეტიკულის წესით (აქ გათვალისწინებულია მახასიათებლების და ექსპერტების რაოდენობა). შედეგად ვღებულობთ ყოველი მაჩვენებლისთვის საშუალო ექსპერტულ შეფასებას (W_i, C_i). ასეთი წესით განსაზღვრული მნიშვნელობების შეჯამების შედეგად, მიიღება ყოველი პროექტის ინტეგრალური შეფასება (2).

ცხრილი 2. თითოეული სამშენებლო პროექტის ხარისხობრივი მაჩვენებლებით შეფასების ფორმა

ხარისხობრივი მაჩვენებლები და მახასიათებლები		შეფასება 5 ქულიანი სისტემით				საშუალო შეფასება მახასიათებლების და ექსპერტების მიხედვით	
		ექსპერტები					
		1	2	.	n		
1. პროექტის შესაბამისობა სამშენებლო კომპანიის მიმდინარე სტრატეგიასთან და გრძელვადიან გეგმებთან;	1.1. სამშენებლო კომპანიის სტრატეგიაში ცვლილებების მართებულობა						
	1.2. პროექტის შესაბამისობა სამშენებლო კომპანიაში ინოვაციურ საქმიანობასთან;						
	1.3. პროექტის ვადების შესაბამისობა კომპანიის მოთხოვნებთან;						
	1.4. პროექტის რეალიზებისთვის საჭირო პოტენციალის ზრდის შესაძლებლობა;						
პირველი მაჩვენებლის ჯამური შეფასება $W_1 \times C_1$							
2. სამეცნიერო ტექნიკური მახასიათებლები :	2.1. საპატენტო მდგომარეობის დონე (სისუფთავე);						
	2.2 პროდუქციის უნიკალურობა (ანალოგების არარსებობა ან დიდი უპირატესობა);						
	2.3. პროექტის რეალიზაციისთვის საჭირო ტექნიკური რესურსების არარსებობა.						
	2.4. საკონსულტაციო ფირმების მომსახურების საჭიროება ან კვლევის ჩატარება კომპანიის გარეთ.						
მაჩვენებლის ჯამური შეფასება $W_2 \times C_2$							
პროექტის ქულებით შეფასების ინტეგრალური მაჩვენებელი					$I = \sum_{i=1}^m W_i C_i$		

პროექტების პირველადი შეფასება ხარისხობრივი მაჩვენებლებით სამშენებლო კომპანიისთვის არის გარკვეული ფილტრი, რომლის ძირითადი მიზანია შევაფერხოთ არაპერსპექტიული პროექტები და გზა გაგუხსნათ შემდგომი დამუშავებისათვის შედარებით საინტერესო, ეფექტურ პროექტებს. პროექტებს რომელთა ინტეგრალური მნიშვნელობა ყველაზე მაღალია.

ამრიგად, პროექტების რანჟირების და ამორჩევის ამოცანა, ერთის მხრივ წარმოადგენს შედარებით მარტივ ამოცანას, მეორეს მხრივ კი, ის საბაზოა საინვესტიციო პროექტების მართვასთან დაკავშირებული სხვა ამოცანებისთვის. ცხადია, რომ არ არსებობს პროექტების რანჟირებისა და გადარჩევისთვის უნივერსალური ინსტრუმენტი (მოდელი), რომელიც გამოსაყენებელი იქნებოდა ყოველი კონკრეტული სიტუაციისათვის. არ არსებობს კარგი და ცუდი მოდელი. არც ერთ მოდელს არ შეუძლია სრულად ასახოს პროექტების არსებული რეალობა, მაგრამ მაქსიმალურად უნდა იყოს მასთან მიახლოებული. პროექტები უნდა ფასდებოდეს კომპანიის მიზნებთან შესაბამისობაში. მოდელი, უნდა იყოს კარგად მოფიქრებული, მოქნილი, მარტივად გამოსაყენებელი, იაფი, კომპიუტერულ ტექნოლოგიებთან მიმართებაში მარტივად გამოსაყენებელი.

ლიტერატურა

1. ნ. მჭედლიშვილი, ს. ხუციშვილი, ა. ბეჭვაია. საინვესტიციო პროექტების წინასწარი შერჩევის და შეფასების ზოგიერთი საკითხი. //„მართვის ავტომატიზებული სისტემები, შრომები თბ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2011.
2. Бовтеев С. В. Основы управления инвестиционно-строительными проектами: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013, 197 с.
3. ნ. მჭედლიშვილი, ს. ხუციშვილი, გ. ამილახვარი. ფირმის საქმიანობის წინასწარი შეფასების ექსპერტული მეთოდი, არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის და Matlab-ის ბაზაზე. /ბიზნეს-ინჟინერინგი, ყოველკვარტალური სამეცნიერო ჟურნალი №4, თბილისი, “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2012, გვ. 91-97
4. Борискова Л.А., Глебова О.В. Совершенствование механизма предварительного отбора инновационных проектов. //Управление проектами, N3, 2009, сс. 44-51.

SUMMARY

MULTI-CRITERION EXPERT METHOD OF RANKING CONSTRUCTION-INVESTMENT PROJECTS

Gorgidze D.A., Khutsishvili S.A., Museridze R.R. and Nebieridze N.V.
Georgian Technical University

Construction companies often need to decide the problems in choosing acceptable investment projects for realization. For that stage it becomes necessary to use such „instrument”, that gives us to evaluate the projects according to certain system of indicators, to make comparative analysis of projects taking into consideration, expected risks and choose such projects which will be in necessary compliance with project development strategy. Multi-criterion expert method of ranking construction-investment projects is offered as above mentioned „instrument”, which should provide a comparison of all possible projects, sorting them by their priorities and also forming necessary recommendations for decision makers. For evaluation of projects, quality system of indicators, quantity scale and mechanism for determining the weight of the indicators have been worked out.

Keywords: construction-investment project, ranking, expert method.

Mathcad პროგრამულ გარემოში გამოსახულებათა
ვიზუალური პირამიდული კოდირების რეალიზება

ჩხეიძე ი.მ., რობიტაშვილი ა.ა., კურტანიძე გ.გ., მურჯიკნელი გ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

ელექტროკავშირგაბმულობისა და კომპიუტერული ტექნიკის ზღვარზე შექმნილმა უახლესმა ტექნოლოგიებმა საფუძველი დაუდო პრინციპულად ახალი ციფრული სატელეკომუნიკაციო სისტემების შექმნას, რომლებიც მომხმარებელს პრაქტიკულად ნებისმიერი საინფორმაციო მომსახურების საშუალებას აძლევენ.

ინფორმაციის ციფრული ფორმით გადაცემისას აუცილებელი ხდება გამოსახულების, კერძოდ სატელევიზიო გამოსახულების, ისეთი ციფრული ნაკადების ფორმირება, რომლებიც შეესაბამებიან ციფრული სისტემის აგების უკვე ჩამოყალიბებულ იერარქიებს.

დღეისათვის დამუშავებულია სატელევიზიო გამოსახულების ეფექტური ციფრული კოდირების მრავალი მეთოდი [1-3]. ინფორმაციის შეკუმშვის ალგორითმების მნიშვნელოვან როლს თანამედროვე ტექნიკაში ადასტურებს ისიც, რომ მომხმარებლის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად უკვე 20 წლის წინ დამუშავდა JPEG და MPEG სტანდარტები. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ინფორმაციის შეკუმშვის პრობლემა გაერთიანდა და დაუკავშირდა ინფორმაციის დაცვის ამოცანებს და მათი განხილვა ხდება ერთიანი მიდგომით [3].

გამოსახულებათა ეფექტური კოდირების მეთოდებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს პირამიდულ კოდირებას, რომელიც გამოკვლეულია XX საუკუნის ბოლო წლებში [2].

ციფრული მოწყობილობების შემუშავებას ახალი იმპულსი მისცა უახლესი პროცესორული სისტემების ტექნოლოგიური შესაძლებლობების რადიკალურმა ცვლილებამ. ინფორმაციის შეკუმშვის პრობლემის გადაწყვეტას და გაიოლებას ხელი შეუწყო ისეთი პროგრამული რედაქტორების შემოღებამ და დანერგვამ, როგორც არის Mathcad პროგრამული გარემო, რომელიც იძლევა სხვადასხვა გვარის საინჟინრო და სამეცნიერო გათვლების მარტივად ჩატარების საშუალებას.

Mathcad პროგრამის მომხმარებელია: სტუდენტი, ინჟინერი, მეცნიერი. ამ პროგრამის გამოყენების თვალსაჩინოებისა, შექმნილი მზა ფუნქციების უზარმაზარი ბიბლიოთეკის და აგრეთვე რეზულტატების შეუდარებლად მრავალმხრივი გრაფიკების შესაძლებლობების გამო Mathcad-ი გახდა ძალიან პოპულარული მათემატიკური და ნართი, რომელიც აგებულია WYSIWYG პრინციპის თანახმად: „What You See Is What You Get“ - „რასაც ხედავთ, იმას მიიღებთ“. იგი ძალიან მარტივია მოხმარების თვალსაზრისით და არ მოითხოვს პროგრამის დაწერას.

წარმოდგენილი ნაშრომის ძირითად მიზანს შეადგენს კონკრეტულ მაგალითზე ვაჩვენოთ თუ რამდენად მარტივად შეიძლება გადაწყდეს ისეთი რთული სამეცნიერო ამოცანა, როგორც არის გამოსახულებათა ვეივლეტ-პირამიდული კოდირების რეალიზება Mathcad პროგრამულ გარემოში.

ძირითადი ნაწილი

როგორც შესავალში ითქვა, სამუშაოში განხილულია პირამიდული კოდირება. ცნობილია, რომ პირამიდული კოდირება მიეკუთვნება მეთოდებს, როდესაც კოდირების ხერხი ეთანხმება ადამიანის მხედველობის სისტემას და მის ფუნქციას მოდელირებით ახორციელებს [1,2].

ცნობილია, რომ [2] პირამიდული კოდირება შეიძლება განხორციელდეს ორი ტიპის პირამიდული აგებით: ლაპლასის პირამიდისა და ვეივლეტ-პირამიდის ფორმი-

რებით. უპირატესობა მიენიჭება ვეივლეტ-პირამიდულ კოდირებას. ვეივლეტ პირამიდის აგება ხდება ორთოგონალური ტიპის ფუნქციების საფუძველზე. ვეივლეტ პირამიდის დონეები ურთიერთდამოუკიდებელია, რაც განაპირობებს ყოველი დონის დამოუკიდებელ კოდირებას. ამის შედეგად საგრძნობლად იზრდება პირამიდული კოდირების ეფექტურობა.

გამოსახულებათა ვეივლეტ-შეკუმშვის იდეა ძალიან მარტივია. იგი იწყება გამოსახულების ვეივლეტ-გარდაქმნით (ტრანსფორმანტის მიღებით). შემდგომში მიღებულ ტრანსფორმანტაში შენარჩუნდება მხოლოდ „დიდი“ ამპლიტუდის მქონე კოეფიციენტები, დანარჩენები კი გაუტოლდებიან ნულს. კავშირის არხში განხორციელდება მხოლოდ შენარჩუნებული კოეფიციენტების კოდირება და მათი გაგზავნა. მიმღებში გამოსახულების აღდგენა (უკუ-გარდაქმნა) წარმოებს მიღებული კოეფიციენტების მეშვეობით.

საინჟინრო მიმართულების პუბლიკაციები [1,2] ვეივლეტ-გარდაქმნის ოპერაციის ფიზიკურ ახსნას და წარმოდგენას აწარმოებენ დაბალი (გასაშუალების) და მაღალი (დეტალური) ფილტრების გამოყენების საფუძველზე. ანალოგიური ოპერაციების ჩატარება მიღებული გასაშუალებული გამოსახულებებისათვის განაპირობებს ვეივლეტ-პირამიდის შექმნას. დაბალსიხშირული ფილტრი (L ფილტრი) გაატარებს ინფორმაციას დაბალ სიხშირეებზე. მაღალ-სიხშირული ფილტრი (H ფილტრი) შესაბამისად გაატარებს მხოლოდ მაღალსიხშირულ ინფორმაციას.

შემდეგ ნახ.1-ზე მოცემულია სამდონიანი ორგანზომილებიანი ვეივლეტ-გარდაქმნის ასახვა სქემატურად. უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანზომილებიანი ვეივლეტ-გარდაქმნა იყენებს ერთგანზომილებიან გარდაქმნას ჯერ გამოსახულების ყოველი სტრიქონისათვის (ვერტიკალი), ხოლო შემდეგ კი ერთგანზომილებიან გარდაქმნას მიღებული სვეტებისათვის (ჰორიზონტალური). პირამიდის აგების პირველ საფეხურზე მაღალი სიხშირის (H) კოეფიციენტების რაოდენობა უდრის ერთ მეოთხედს ($\frac{1}{2}$ სტრიქონების და $\frac{1}{2}$ სვეტების). იგივე რაოდენობა მიღებული იქნება დაბალი სიხშირეების (L) არესთვის.

LL ₃	LH ₃	LH ₂	LH ₁
HL ₃	HH ₃		
HL ₂		HH ₂	HH ₁
HL ₁			

ნახ. 1. სამდონიანი ორგანზომილებიანი ვეივლეტ-გარდაქმნის სქემა

ნახ.1-ზე LL₃ არეში ელემენტების რაოდენობა უდრის 32X32, თუ თავდაპირველად გამოსახულება მოიცავდა 256X256 ანათვლების რაოდენობას.

ცნობილია მრავალი სახის ვეივლეტ-ფუნქციები, მაგრამ უფრო გამოყენებადი და ეფექტურია (შეკუმშვის თვალსაზრისით) დაუბეშ ფუნქციები [1,2]. ვეივლეტ-პირამიდული კოდირების პროგრამული რეალიზაცია წლების მანძილზე წარმოადგენდა რთულ, შრომატევად და შესრულების დიდი დროის მომთხოვნ ამოცანას [2]. კომპიუტერული ტექნოლოგიის განვითარებამ და, რაც მთავარია, ისეთი პროგრამების დამუშავებამ, როგორც არის Mathcad, Labview, Matlab, მკვეთრად გაამარტივა და მისაწვდომი და რეალიზებადი გახდა ვეივლეტ-პირამიდული კოდირების გამოყენება. მოცემული სამუშაო ჩვენ სპეციალურად არ გადაგვირთეთ ვეივლეტ-პირამიდული ალგორითმის აგებით და მათემატიკური აღწერით და დაფუძვლით ვეივლეტ-გარდაქმნის აღწერით როგორც ინფორმაციის მიმდევრულ გატარებაზე მაღალსიხშირულ (H) და დაბალსიხშირულ (L) ფილტრებში.

ნახ. 2-ზე (2ა, 2ბ, 2გ) ასახულია სამდონიანი პირამიდის ფორმირება, მიღებული კარგად ცნობილი ტესტური გამოსახულებისათვის „Lena“ [2]. ამ შემთხვევაში ნახ. 2, ა ასახავს საწყის გამოსახულებას, ნახ.2 ბ - შეესაბამება სამდონიანი პირამიდის (3)

წვეროს მიღებას, ხოლო ნახ. 2, გ მოცემული LH₃, HL₃, HH₃, LH₂, HL₂, HH₂, LH₁, HL₁, HH₁ არეების შესაბამისი დეტალური გამოსახულებები. Mathcad პროგრამაში მზა ფუნქციების არსებობამ განაპირობა პირამიდის აგების სიმარტივე და ვიზუალური ასახვა.

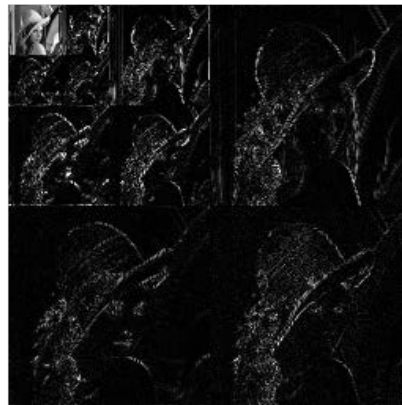


ა



scale(N, 0.255)

ბ



scale(indep, 0.255)

გ

ნახ. 2. სამდონიანი პირამიდის ფორმირება

შემდეგ ამოცანას წარმოადგენდა პირამიდული კოდირების მიღება და აღდგენა მიმღებში, როცა გარდაქმნის არეში (ტრანსფორმანტაში) შენარჩუნებულია 10% ტრანსფორმანტის კოეფიციენტების რაოდენობა და 1% კოეფიციენტებისა. ექსპერიმენტების შედეგები მიღებულია ისევ „Lena“ გამოსახულებისათვის (ნახ. 2,ა). შეკუმშვის ალგორითმი მოცემულია ქვემოთ, ხოლო 3ა, 3ბ ნახ.-ზე მოყვანილია აღდგენილი გამოსახულებები. ვეივლეტ-პირამიდული კოდირების (შეკუმშვის) ალგორითმს გამოსახულება „Lena“-თვის (ნახ. 2,ა) აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned}
 N_1 &:= \text{rows}(L) & N_2 &:= \text{floor}(0.01 \cdot N^2) \\
 N_1 &:= \text{floor}(0.1 \cdot N^2) & & \\
 \text{filter} &:= \text{symmlet}(12) & J &:= 3 \\
 W_L &:= \text{dwt}(L, J, \text{filter}) & L_1 &:= \text{idwt}(W_1, J, \text{filter}) \\
 W_s &:= \text{wavesort}(W_L) & W_2 &:= \text{shrink}(W_s, N_2, W_L)
 \end{aligned}$$



ნახ.3. სურათის რეპროდუქცია კოეფიციენტების 10% და 1 %-ის შემთხვევაში

კოეფიციენტების მხოლოდ 10%-ის შენარჩუნების შემთხვევაშიც (ნახ.3, ა), სურათის რეპროდუქცია შესანიშნავია. დეტალები შენარჩუნებულია, როგორც ქულში, ასევე გამოსახულების კიდეებზე.

კოეფიციენტების 1%-ის შემთხვევაში (ნახ. 3, ბ) გამოსახულების ხარისხი მკვეთრად გაუარესდა, თუმცა სურათი ჯერ კიდევ გარჩევადია.

ამრიგად, დასმული ამოცანის შესაბამისად მოყვანილი მაგალითების და წარმოდგენის ასახვის საფუძველზე ნაჩვენებია თუ რამდენად იოლად, მარტივად და თვალსაჩინოდ ხდება ისეთი რთული ამოცანის გადაჭრა, როგორიცაა არის გამოსახულებათა ვეივლეტ-პირამიდული კოდირება. მისი რეალიზება ხდება Mathcad პროგრამულ გარემოში. ინფორმაციის შეკუმშვის ეფექტურობის გაზრდა ხდება პირამიდული აგების შერწყმით სხვა ცნობილ თანამედროვე მეთოდებთან, როგორც არის ვექტორული დაქვანტვა, ფრაქტალური აპროქსიმაცია და სხვა.

ლიტერატურა

1. О.И. Шелухин, А.М. Тенякшев, А.И. Осин. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. -Москва, Радиотехника, 2003, 478 с.
2. Н.Г. Харатишвили, И.М. Чхеидзе, Д. Ронсен. Пирамидальное кодирование изображений. –М., Радио и связь, 1996, 192 с.
3. თ.ქიქლაძე. ინფორმაციის კომპაქტური წარმოდგენის ამოცანების შესახებ: ერთიანი მიდგომა ინფორმაციის შეკუმშვისა და ინფორმაციის დაცვის თვალსაზრისით. ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სადისერტაციო ნაშრომის ავტორეფერატი. თბილისი, 2007.
4. Е.М. Кудрявцев. Mathcad 14. - М. Лайт ЛТД, 2010, 318 с.

SUMMARY

WAVELET-PYRAMIDAL CODING OF IMAGES USING MATHCAD SOFTWARE ENVIRONMENT
Chkheidze I.M., Robitashvili A.A., Kurtanidze G.G. and Murjikneli G.G.

Georgian Technical University

The work “Wavelet pyramidal coding of images using MathCad software environment” deals with issues related to the use of Wavelet pyramidal structures for compression and compatibility in the MathCad software environment. It shows how easy and clear is to solve this task using MathCad software. The effectiveness of information compression is increased by combining pyramidal structures with other well-known modern methods such as Vector Scattering, Fractal Approximation and others.

Keywords: Pyramidal coding, Wavelet-transformation, MathCad program, Image compression, Compression coefficient, Wavelet-Daubechies functions.

IT პროექტების მართვის მოქნილი (Agile) ტექნოლოგიები SCRUM-ის მახასიათებელი

ლომინაძე თ.ნ., ხვედელიძე თ.კ.

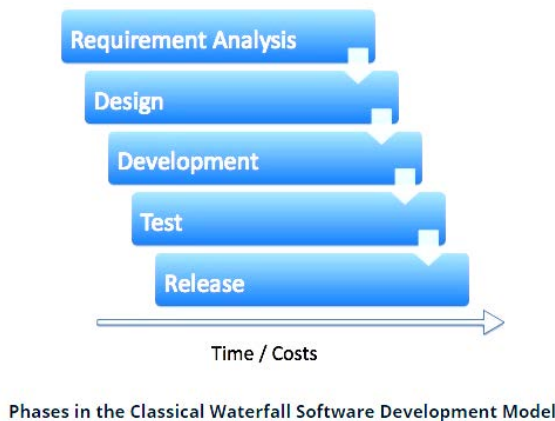
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

Agile არის პროგრამული უზრუნველყოფების მართვის მეთოდოლოგიების ჯგუფი, რომელიც ეხმარება ბიზნესს შექმნას პროგრამული უზრუნველყოფა და აპლიკაციები უფრო სწრაფად, ვიდრე ამას უზრუნველყოფს პროექტების მართვის კლასიკური, ე.წ. ჩანჩქერის მეთოდოლოგია. იგი ფოკუსირებულია გუნდურ მუშაობასა და გუნდსა და მომხმარებელს შორის თანამშრომლურ მიდგომებზე. ასევე, მუდმივ კონტაქტზე მომხმარებელთან, რომ საბოლოო პროდუქტი შეესაბამებოდეს მომხმარებლის მოლოდინებსა და საჭიროებებს.

Agile ტექნოლოგია არის პროდუქტის მიღების და ბაზარზე გატანის სწრაფი გზა, რადგან მიწოდების ეტაპები მიმდინარეობს ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად, გუნდი არ ელოდება ერთი ეტაპის დასრულებას, მეორეს დასაწყებად, მას შემდეგ რაც დასრულებული ეტაპი სრულყოფილად დაიტესტება, ხდება მისი დანერგვა. სამუშაო პროცესს აქვს ციკლური, იტერაციული ხასიათი.

Agile ტექნოლოგიამ განსაკუთრებული პოპულარობა მოიპოვა IT სფეროში და თავდაპირველად სწორედ ამ ტიპის პროექტების სამართავად გამოიყენებოდა. თუმცა, ბოლო დროს მისი გამოყენების არეალი მნიშვნელოვნად გაფართოვდა და დღეს ეს მიდგომა თითქმის ყველა ტიპის პროექტის მართვის პროცესში გამოიყენება. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ განსაკუთრებით მოსახერხებელია ბიზნეს აპლიკაციების და ვებ-გვერდების შესაქმნელად და სწრაფად დასარედაქტირებლად, თუმცა ასევე რეგულარულად გამოიყენება ციფრული ტრანსფორმაციის პროექტებისათვის და ახალი აპლიკაციების შექმნისათვის [1].

მრავალმა კვლევამ ცხადყო, რომ IT პროექტების წარუმატებლობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიზეზი ამ ტიპის პროექტის მართვის პროცესში ე.წ. „ჩანჩქერის“ მეთოდოლოგიის გამოყენებაა.



Phases in the Classical Waterfall Software Development Model

ნახ. 1. ჩანჩქერის მეთოდოლოგია პროექტების მართვაში

როგორც ნახ. 1-დან ჩანს, ჩანჩქერის მეთოდოლოგიის გამოყენებისას არის მკაცრი თანმიმდევრული ჯაჭვი პროექტის სხვადასხვა ფაზებს შორის: წინმსწრები ფაზა უნდა დასრულდეს მანამ, სანამ მომდევნო დაიწყება. უკვე ჩატარებულ სამუშაოსთან ხელახლა უკან დაბრუნება უმეტეს შემთხვევაში რთულია, ხარჯიანი, მოითხოვს დროის მნიშვნელოვან დანაკარგს და ახდენს საპროექტო გუნდის წევრების დემოტივაციას. გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, აუცილებლად გასათვალისწინებელია ტექნოლოგიების უსწრაფესი განვითარება დღეს. ეს სისწრაფე იწვევს არა მხოლოდ სამუშაო პროცესში გამოყენებული ტექნოლოგიებისა და ინსტრუმენტების ცვლილ-

ბის აუცილებლობას მთელ რიგ შემთხვევებში, არამედ, ხშირად, მოთხოვნების მკვეთრ ცვლილებასაც. შესაბამისად, ის დაყოფნება დროში, რასაც გარდაუვლად გულისხმობს ჩანჩქერის მეთოდოლოგიის გამოყენება, ძალიან ამცირებს პროექტის წარმატებით დასრულების შესაძლებლობას და იმას, რომ შემკვეთი მიიღებს ზუსტად იმ, ან იმასთან ძალიან მიახლოებულ შედეგს, რასაც ელოდა.

ამ მეთოდოლოგიის მიხედვით, პროექტის განრიგი დგება პროექტის დასაწყისშივე, პროექტის ხელმძღვანელი ცდილობს მაქსიმალურად გაითვალისწინოს ყველა შესაძლო მოთხოვნა თავიდანვე, ხოლო ე.წ. „მუშა“ პროდუქტის მიღება ხდება მხოლოდ პროექტის განრიგის დასრულებისას. შესაბამისად, ეს მიდგომა ართულებს საბოლოო პროდუქტის დამუშავებისას ოპერატიული ცვლილებების შეტანის შესაძლებლობას.

კვლევების თანახმად, დიდ და რთულ პროექტებში საწყისი მოთხოვნების დაახლოებით 60% იცვლება პროექტის მიმდინარეობის პროცესში. დანარჩენები სრულდება ისე, როგორც ეს იყო თავიდან დაგეგმილი, მაგრამ, როგორც წესი, ისინი მეორეხარისხოვანია საბოლოო მომხმარებლისთვის და მათ განხორციელებაზე დახარჯული დრო, ენერჯია და თანხა შეიძლება უფრო ეფექტურად გამოყენებულიყო პროექტის ისეთი ფუნქციონალის შემუშავებაზე რაც რეალურად იქნებოდა მომხმარებლისთვის დამატებითი ღირებულების მომტანი.

უნდა აღინიშნოს, რომ კლასიკური ჩანჩქერის მეთოდოლოგიის გამოყენება გამართლებულია მცირე და მარტივი პროექტების განხორციელებისთვის. დიდ და რთულ პროექტებში ამ მეთოდოლოგიის გამოყენება შედარებით სარისკოა, ხშირად უფრო ნაკლებად ეფექტური და მეტად ხარჯიანია, ვიდრე Agile მეთოდოლოგიის გამოყენება.

Agile ტენქოლოგიის მიდგომა გულისხმობს, რომ ყველა კლიენტს სჭირდება განსხვავებული სისტემა და იგი სრულად მოიცავს ამ განსხვავებებს. მართვის ერთი მეთოდი არ ერგება ყველა საჭირო სიტუაციას, ამიტომაც Agile წარმოადგენს მეთოდების და პრაქტიკული მიდგომების ნაკრებს, ეს მეთოდები წარმოადგენენ ე.წ. ფრეიმვორტებს. ისინი აღწერენ იმ ნაბიჯებს, რომლებიც სრულდება პროგრამული უზრუნველყოფების შექმნის პროცესში, მათ სასიცოცხლო ციკლს, რომელიც მოიცავს დაგეგმვას, შესრულებას და მიწოდებას [5].

Agile ფოკუსირებულია პროდუქტის მიწოდების სისწრაფეზე, ტესტირებაზე და მუდმივ უკუკავშირზე. მისი ძირითადი პრინციპები შემდეგია:

- ადრეული მიწოდება, ორ კვირიან სპრინტში პროდუქტის ნაწილის შექმნა;
- პასუხი მოთხოვნების „მუდმივ“ ცვლილებაზე;
- პროგრესის გაზომვა პროდუქტთან მუშაობის პროცესში, მატრიცას სახით;
- ბიზნეს წარმომადგენლების და დეველოპერების გუნდის ურთიერთშეთანხმებული მუშაობა, პირდაპირი საუბრები;
- სიმარტივე, არაკომპლექსური სისტემის შექმნა;
- პატარა, კარგად ორგანიზებული გუნდი, რომელიც მუდმივად ვითარდება და აგროვებს გამოცდილებას.

Agile-ის პროცესები პროექტებს ყოფს პატარა ნაწილებად, რომელთა სახელიც არის „user stories“-ები, ანუ მომხმარებლისთვის საჭირო ფუნქციონალური მოთხოვნები. თითოეული მათგანი წარმოადგენს იმ სისტემის სპეციფიკურ მახასიათებელს, რომელსაც მომავალში საბოლოო მომხმარებელი გამოიყენებს.

მოთხოვნების ჩამონათვალის შექმნის შემდეგ ხდება მათი შეფასება სირთულის მიხედვით და პრიორიტეტული განაწილება შესრულების კუთხით. აღსანიშნავია, რომ მთლიანად საპროექტო გუნდი წყვეტს რომელიც მოთხოვნების შესრულებას შეძლებს მოცემული ორ კვირიანი სპრინტის ფარგლებში და იწერება ჩაბარების შესაბამისი ვადები, ე.წ. დედლაინები.

მოცემული პროცესის იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ დეველოპერმა ერთი სპრინტის შესრულების შემდეგ პროდუქტის განსახდურული ნაწილი უნდა მიაწოდოს მომხმარებელს ტესტირებისათვის და დაელოდოს მისგან უკუკავშირს, რაც საშუალებას იძლევა შეიქმნას მომხმარებელზე მორგებული სისტემა.

Scrum არის Agile-ის ერთ-ერთი რეალიზაცია, პროექტების მართვის ყველაზე პოპულარული ფრეიმვორკი, რომელსაც აქვს საკუთარი მიდგომა პროექტების მართვის პროცესში არსებულ ყველა ნაბიჯზე [4]. განვიხილოთ Scrum უფრო დეტალურად.

ზოგიერთი Scrum-ის ტერმინი:

Backlog – პროექტის სრული მოთხოვნების სია;

User Stories – ფუნქციონალური მოთხოვნების ჩამონათვალი;

To Do List – პრიორიტეტების მიხედვით დალაგებული მოთხოვნების სია;

Scrum Product Owner – სქრამ პროდუქტის მფლობელი, პიროვნება, რომელიც პასუხისმგებელია პროექტის ვადაში დასრულებაზე და ხარისხზე;

Scrum Master – პიროვნება, რომელიც აკონტროლებს პროექტის მიმდინარეობას ყველა ნაბიჯზე და უზრუნველყოფს ინფორმაციის მიმოცვლას შემკვეთსა და დეველოპერულ გუნდს შორის;

Scrum Burndown Diagram – ვიზუალიზაციის ინსტრუმენტი, რომელიც ასახავს დღიურად შესრულებულ სამუშაოს მიმდინარე პროექტის გეგმიურ განვითარებასა და დასრულებასთან მიმართებით;

Daily Scrum – სქრამის ყოველდღიური შეხვედრა;

Scrum Team – სქრამის გუნდი;

Added Value – პროდუქტის დამატებითი ღირებულება, ფუნქციონალური ბონუსი;

Sprint Review – სპრინტის მიმოხილვა, სამუშაო შეხვედრა, რომელიც ტარდება სპრინტის მორიგი სესიის დასრულებისას იმისათვის, რომ შემოწმდეს შესრულებული დავალებების ხარისხი და სისწორე;

Sprint Retrospective – შეხვედრა, რომლის მიზანია შემოწმდეს გაუმჯობესების დონე, წინა სპრინტის შემდეგ, ასევე გაუმჯობესდეს მიმდინარე სპრინტის მიმდინარეობის პროცესი.

Scrum გუნდს, როგორც წესი, აქვს შემდეგი მახასიათებლები:

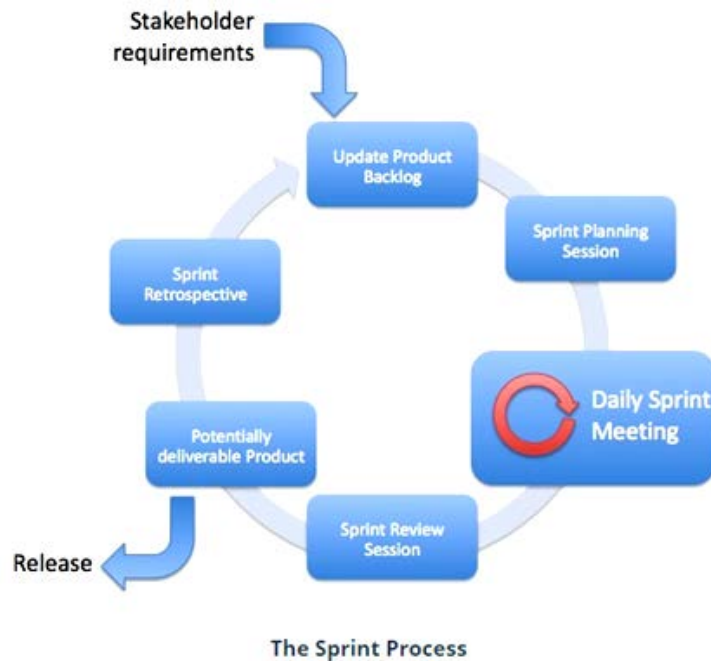
- გუნდის წევრები იზიარებენ საერთო ნორმებს და წესებს;
- პასუხისმგებლობას შედეგებზე იღებს მთლიანად Scrum გუნდი;
- Scrum გუნდი აღჭურვილია გარკვეული უფლებამოსილებით (უფლებებით);
- გუნდი მუშაობს მაქსიმალურად ავტონომიურად, რამდენადაც ეს შესაძლებელია;
- Scrum გუნდი თვით-ორგანიზებადია;
- უნარები Scrum გუნდში დაბალანსებულია;
- Scrum გუნდი პატარაა და არ აქვს რაიმე ქვე-გუნდები;
- Scrum გუნდის წევრები, გარდა პროდუქტის მფლობელისა და Scrum-ის ოსტატისა, მთელი სამუშაო დრო (full time) გუნდში მუშაობენ;
- როგორც წესი, Scrum გუნდის წევრები ტერიტორიულად ერთად არიან ლოკალიზებულნი;

Scrum გუნდები, როგორც წესი, პატარაა. წევრების იდეალური რაოდენობა არის 7+/- 2 ადამიანი.

Scrum გუნდს, ისევე, როგორც მის თითოეულ წევრს, გარკვეული პასუხისმგებლობა აკისრია:

- მათ უნდა დაყონ მოთხოვნები, შეიმუშაონ, შეფასონ და გაანაწილონ ამოცანები. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მათ უნდა შექმნან სპრინტის ბექლოგი;
- უნდა ჩაატარონ მოკლე ყოველდღიურის პრინტ-შეხვედრები;
- უნდა უზრუნველყონ, რომ სპრინტის დასრულებისას მზად იყოს დასამუშავებელი ფუნქციონალის მომხმარებლისათვის წარსადგენი ვარიანტი (შეიძლება არა საბოლოო, მაგრამ შუალედური, განსახილველი);
- უნდა განაახლონ ამოცანების სტატუსი და დარჩენილი სამუშაო იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს Scrum Burndown Diagram დიაგრამის შექმნა;

Sprint - სპრინტი არის რეგულარული, განმეორებითი სამუშაო ციკლი, რომლის დროსაც სრულდება სამუშაო პროექტის განსაზღვრული ნაწილი და მოიცავს 2–4 კვირიან სესიას. სპრინტის ყოველ სესიას მოყვება განსაზღვრული პროცესები, როგორც ეს ქვემოთ არის ნაჩვენები (ნახ. 2):



ნახ. 2. სპრინტის სესია

ჩატარებული კვლევების მიხედვით, Scrum-ის ჩარჩოს გამოყენებას ახლავს შემდეგი პოზიტიური ეფექტები:

- საპროექტო გუნდის მკვეთრად გაზრდილი პროდუქტიულობა;
 - მიღებული პროდუქტის უკეთესი ხარისხი;
 - მთლიანად პროექტის ღირებულების შემცირება ან სტაბილიზაცია მოქნილი მეთოდების დანერგვის შემდეგ;
 - მომხმარებლის გაზრდილი კმაყოფილება;
 - თანამშრომლების გაზრდილი კმაყოფილება და მოტივაცია [2];
- არსებობს Scrum მეთოდოლოგიაზე მორგებული პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემები, სამუშაო იარაღები, რომლებიც დღეს დიდი პოპულარობით სარგებლობს პროექტების მართვის პროცესში:

- Wrike
- Atlassian JIRA
- Freedcamp
- VersionOne
- Taiga
- Pivotal Tracker
- Assembla
- FogBugz
- Active Collab
- Axosoft
- Targetprocess
- Asana
- Zoho Projects

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ტექნოლოგია აქტიურად გამოიყენება Scrum მეთოდოლოგიით მუშაობის პროცესში, თუმცა IT პროექტების სამართავად, დღეს ყველაზე

პოპულარული სისტემაა Atlassian JIRA, რომელსაც ყველაზე მეტი კომპანია იყენებს მსოფლიოში [3].

ამრიგად, Scrum მეთოდოლოგიის გამოყენება მნიშვნელოვნად ამარტივებს პროექტების მართვის პროცესს და ამცირებს რისკებს, რაც გამოისატება იმაში, რომ მომხმარებელი სწრაფად იღებს საჭირო ფუნქციონალურ ნაწილს, მუდმივად არის საქმის კურსში პროექტის მიმდინარეობაზე და აქვს წვდომა პროექტის ყველა დანერგილ ელემენტზე. ამ ელემენტის დანერგვის მომენტიდან და არ ელოდება პროექტის დასრულებას. მომხმარებლის მუდმივი ინფორმირებულობა საშუალებას აძლევს საპროექტო გუნდს, რომ სვლა განაგრძოს სწორი მიმართულებით, ესმარება ცვლილებების დროულ განხორციელებაში და მუდმივად ჰპირდება მომხმარებლის კმაყოფილების დონეს, რაც ყველაზე მთავარია პროექტების განხორციელების დროს.

ლიტერატურა

1. <https://www.cprime.com/resources/what-is-agile-what-is-scrum/>
2. <https://www.thescrummaster.co.uk/scrum/benefits-scrum-agile/>
3. <https://myelearningworld.com/power-of-agile-project-management-in-e-learning-10-best-tools/>
4. <http://scrummethodology.com/>
5. The Age of Agile Solutions – Creating Interconnected Ecosystem / Whitepapers, 2017;

SUMMARY

SCRUM – AGILE TECHNOLOGY FOR IT-PROJECT MANAGEMENT

Lominadze T.N. and Khvedelidze T.K.

Georgian Technical University

The represented article discusses modern and flexible project management technology – Agile technology – very widespread and popular nowadays, especially in IT field. The article discusses usage and main principles of Agile technologies in general, as well as its specific implementation on the example of SCRUM technology and the advantages that accompany the use of this technology.

Keywords: Agile Technology, SCRUM, IT Project Management

**SCADA სისტემის წარმადობის ამაღლების ხერხი მონაცემთა გაცვლის
დინამიკური სიჩქარეებით**

იმნაიშვილი ლ.შ., ბედინეიშვილი მ.მ., გასიტაშვილი ზ.ა., ზედგინიძე გ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

SCADA სისტემის წარმადობის გაზრდა თანამედროვე სწრაფად ცვალებად გარემოში აუცილებელი და გარდაუვალი პროცესია. SCADA სისტემების წარმადობის ზრდა არა მხოლოდ ზრდის დროის ერთეულში პროდუქტიულობას და შექმნილი რეალური პროდუქციის რაოდენობას, არამედ ხშირ შემთხვევაში ერთადერთი საშუალებაა ერთ სისტემაში და ერთიანი კონტროლის ქვეშ მოვაქციოთ ახალი ტექნიკური და ტექნოლოგიური პროცესები, ან თუნდაც გავზარდოთ არსებულ სისტემაში ახალი პროცესების ჩართვის შესაძლებლობა, გავაფართოვოთ და გავზარდოთ მართვის არეალი [1].

SCADA სისტემის არქიტექტურა ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგისა და მართვის წრედში აუცილებლად გულისხმობს ადამიანი-ოპერატორის (დისპეტჩერის) არსებობას [2]. აქედან გამომდინარე, SCADA-ს სისტემების წარმადობის ამაღლებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც არქიტექტურულ თუ ტექნიკურ, ისე ადამიანურ ფაქტორებს. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ SCADA-ს სისტემის წარმადობის ამაღლების გზების ძიების დროს გასათვალისწინებელია კონკრეტულ ტექნოლოგიურ პროცესებში მოქმედი ფაქტორები და მათი თავისებურებები.

SCADA სისტემის წარმადობას ზრდის ერთ-ერთი საშუალებაა მთავარ (MTU) მოწყობილობასა (წამყვანი) და მიმყოლ (RTU) მოწყობილობებს შორის მონაცემთა გაცვლის სიჩქარეების ზრდა, რასაც თან სდევს მონაცემთა გაცვლის საიმედოობის შემცირება [3].

Modbus სტანდარტის ფიზიკური დონე მთავარ (MTU) მოწყობილობასა და კონკრეტულ მიმყოლ (RTU) მოწყობილობას შორის უშვებს მონაცემთა გაცვლის სხვადასხვა სიჩქარეებს [4]. აღნიშნული სტანდარტის მიხედვით აუცილებელია ისიც, რომ ერთი სისტემის ფარგლებში წამყვან და მიმყოლ მოწყობილობებს ჰქონდეთ მონაცემთა გაცვლის ერთნაირი სიჩქარეები. ამ პრინციპითაა აგებული ყველა არსებული SCADA სისტემა. ამასთან, SCADA სისტემის პროექტირების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მონაცემთა გაცვლის სიჩქარის შერჩევას, რაც განაპირობებს სისტემის არქიტექტურას, საიმედოობას და ფუნქციურ შესაძლებლობებს. როგორც წესი, სისტემისათვის მონაცემთა გაცვლის სიჩქარე ცალკეული მიმყოლი მოწყობილობისათვის არის კომპრომისული, გამომდინარე სისტემის ფუნქციური დანიშნულებიდან.

ძირითადი ნაწილი

ცხადია, მონაცემთა გაცვლის სიჩქარის გაზრდით გაიზრდებოდა სისტემის საერთო სწრაფქმედება, მაგრამ გადაცემის მანძილიდან გამომდინარე შემცირდებოდა მონაცემთა გადაცემის საიმედოობა და პირიქით. გადაცემის არხის ბოლოში განთავსებული მიმყოლი მოწყობილობისათვის საიმედოობის გაზრდის მიზნით სასურველი იქნებოდა შედარებით დაბალი სიჩქარით მუშაობა და ა.შ.

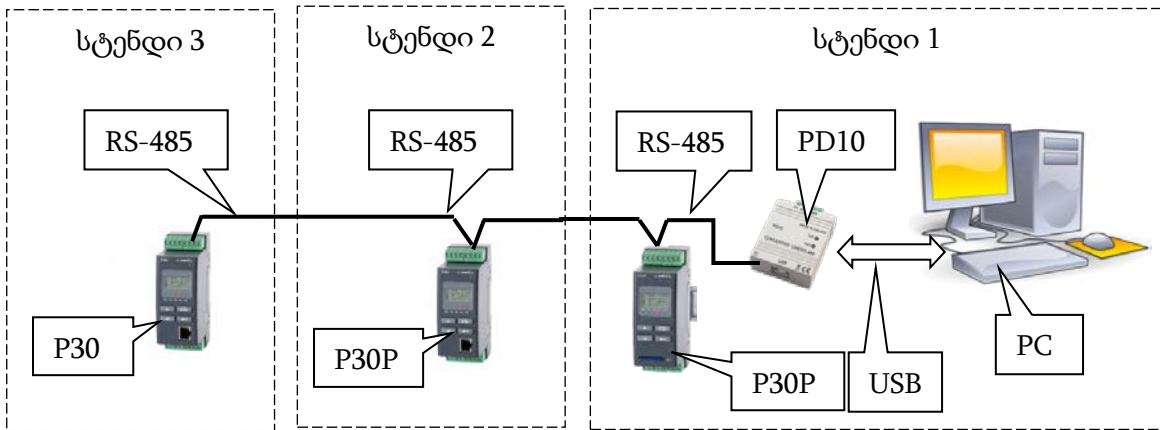
ასევე ცნობილია, რომ მონაცემთა გაცვლის სიჩქარე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მონაცემთა გაცვლის არხის სიგრძეზე [5]. ამდენად, SCADA სისტემაში მონაცემთა საიმედო გაცვლისათვის აუცილებელია, რომ მონაცემთა გაცვლის მაქსიმალური სიჩქარე წამყვან და მიმყოლ მოწყობილობებს შორის განსაზღვრული იქნას მონაცემთა გაცვლის არხის მაქსიმალური სიგრძიდან გამომდინარე. ეს, თავის მხრივ, შეზღუდვებს ადებს სისტემის საერთო წარმადობას.

ამდენად, კვლევის მიზანს წარმოადგენს დადგინდეს მონაცემთა გაცვლის არხის სიგრძესა და მონაცემთა გაცვლის სიჩქარეებს შორის მაქსიმალური ზღვრული მნიშვნელობები, როცა SCADA სისტემა იმუშავებს საიმედოდ ანუ მონაცემთა გაცვლის ტრანზაქციების „ჩავარდნის“ გარეშე.

კვლევისათვის გამოყენებული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის IT სასწავლო-კვლევითი ლაბორატორიის SCADA სისტემების ლაბორატორიული სტენდი [6].

SCADA სისტემების ლაბორატორიული სტენდი წარმოადგენს RS-485 მიმდევრობითი ინტერფეისით დაკავშირებულ პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების და პერსონალური კომპიუტერის სისტემას. პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერები წარმოადგენენ RTU მოწყობილობებს, ხოლო პერსონალური კომპიუტერი – MTU მოწყობილობას. სტენდში RTU მოწყობილობების სახით გამოყენებულია ოთხი პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი.

ლაბორატორიულ სტენდში გამოყენებული პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერებიდან ექსპერიმენტისათვის საჭიროა მხოლოდ ერთი – ცალფაზა ელექტროქსელის პარამეტრების გარდამქნელი P30P, მაგრამ საექსპერიმენტო დანადგარის განხორციელებისათვის კი სამი სტენდის გამოყენება. ექსპერიმენტის დანადგარის არქიტექტურა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.



ნახ.1. ექსპერიმენტის დანადგარის

პირველი სტენდის P30P განთავსდა MTU მოწყობილობასთან ახლოს (კაბელის სიგრძე შეადგენს 20 სმ), ხოლო მეორე და მესამე სტენდების P30P მოწყობილობების დაშორება წინა მოწყობილობებისაგან ვარიირდება ექსპერიმენტის დროს. ამ მიზნით ავიღეთ ორი კაბელი, შესაბამისად, 305 მ და 610 მ სიგრძის. სამივე კაბელის სახით გამოყენებულია FTP CAT6 ტიპის გრეხილი წყვილი.

ექსპერიმენტის არსი მდგომარეობს Modbus პროტოკოლით MTU მოწყობილობიდან სხვადასხვა მანძილზე დაშორებულ სამივე P30P მოწყობილობებთან მონაცემთა საიმედო გაცვლის მაქსიმალური სიჩქარეების დადგენა, როცა უზრუნველყოფილია სხვადასხვა სიჩქარეებით მონაცემების საიმედო გაცვლა, ანუ საჭიროა დადგინდეს:

- SCADA სისტემაში MTU მთავარ მოწყობილობასა (წამყვანი) და სხვადასხვა მანძილზე დაშორებულ კონკრეტულ RTU მოწყობილობას (მიმყოფი) შორის მონაცემთა საიმედო გაცვლის სიჩქარეები Vბიტი/წმ არის თუ არა ერთნაირი;
- როგორია SCADA სისტემაში MTU მთავარ მოწყობილობასა (წამყვანი) და სხვადასხვა მანძილზე დაშორებულ კონკრეტულ RTU მოწყობილობას (მიმყოფი) შორის მონაცემთა საიმედო გაცვლის სიჩქარეები Vბიტი/წმ ურთიერთდამოკიდებულება.

ექსპერიმენტის განხორციელების მიზნით PC-თვის შევქმენით სპეციალური საექსპერიმენტო პროგრამა, რომელიც საშუალებას იძლევა დაკონფიგურებული იქნას მონაცემთა მიმოცვლის პარამეტრები Modbus RTU-ს მოთხოვნების შესაბამისად. ასევე საშუალებას იძლევა ციკლურად (ციკლის დროის წინასწარ განსაზღვრით) წაკითხული იქნას სამივე RTU მოწყობილობიდან მომხმარებლის მიერ ამორჩეული რეგისტრები სხვადასხვა სიჩქარეებით. ციკლების განმეორადობა რეგულირდება RTU მოწყობილობებთან ინტერაქციის დროიდან გამომდინარე, რაც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, რეგულირდება მომხმარებლის მიერ ტაიმერის დროის დაყენებით. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია საექსპერიმენტო პროგრამის ფუნქციონირების ალგორითმი ნახ. 3-ზე კი საექსპერიმენტო პროგრამის სამომხმარებლო ფანჯარა.



ნახ. 2. RTU მოწყობილობებთან MTU მოწყობილობის ინტერაქციის ალგორითმი

პორტი		პროგრამის გაშვება
პორტის № <input type="text" value="5"/>	ბიტების რაოდენობა <input type="text" value="8"/>	პროგრამის მუშაობის დრო (წთ) <input type="text" value="5"/>
გადაცემის სიჩქარე (ბიტი/წმ) მოწყობილობა №1 <input type="text" value="256000"/>	სტოპ-ბიტების რაოდენობა <input type="text" value="2"/>	
მოწყობილობა №2 <input type="text" value="115200"/>	ლუწობის კონტროლი პარიტეტი <input type="text" value="n"/>	
მოწყობილობა №3 <input type="text" value="9600"/>		
32 ბიტის რეგისტრების წაკითხვა		მიღებული
მოწყობილობის მისამართი <input type="text" value="1"/>	წასაკითხი საწყისი რეგისტრის მისამართი DEC <input type="text" value="7500"/>	მოწყობილობის მისამართი <input type="text" value="1"/> 1
	HEX <input type="text" value="1D4C"/>	ბრძანება <input type="text" value="3"/> 2
რეგისტრების რაოდენობა <input type="text" value="1"/>		ბაიტების რაოდენობა <input type="text" value="4"/> 3
		მნიშვნელობა <input type="text" value="220,2574"/>

ნახ.3. საექსპერიმენტო პროგრამის სამუშაო ფანჯარა სამ მოწყობილობასთან ციკლურად მუშაობისათვის

ექსპერიმენტის პარამეტრები და შედეგები სამივე P30P ტიპის მოწყობილობისათვის მოცემულია ცხრ. 1-ში. კავშირის ხარისხის დახასიათებისათვის გამოვიყენეთ ხარისხობრივი შეფასებები: კარგი, მისაღები და ცუდი. კავშირის ხარისხი კარგია, როცა ტრანზაქციები ხორციელდება ყოველგვარი „ჩავარდნების“ გარეშე. კავშირის ხარისხი მისაღებია, როცა მომხმარებელი მოცემული ამოცანისათვის ჩათვლის, რომ „ჩავარდნილი“ ტრანზაქციის განმეორებით მცდელობა მისაღებია დროითი დანაკარგების თვალსაზრისით. თუ ეს მისაღები არ არის, მაშინ კავშირის ხარისხი არის ცუდი.

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, P30P-1 პირველი მოწყობილობის დაშორება MTU-დან შეადგენს 0,2 მ-ს, P30P-2 მეორე მოწყობილობის – 305,2 მ-ს, ხოლო P30P-3 მესამე მოწყობილობის – 610,2 მ-ს. ექსპერიმენტის დროს ციკლურად ხდებოდა სამივე მოწყობილობის თანმიმდევრული გამოკითხვა იცვლებოდა მხოლოდ მონაცემთა გაცვლის Vბიტი/წმ სიჩქარეები. ექსპერიმენტის მე-3 და მე-7 ვარიანტების დროს შეიმჩნეოდა გარკვეული ხარვეზები. შევნიშნავთ, რომ მონაცემთა გაცვლის საიმედოობაზე გავლენას არ ახდენს მოწყობილობებიდან წაკითხული რეგისტრების რაოდენობა. საუკეთესო შედეგები, ანუ მონაცემთა გაცვლის მაღალი საიმედოობა მიღებული იქნა ექსპერიმენტის მე-4 და მე-8 ვარიანტების დროს, ანუ როცა MTU-დან ახლო მანძილზე დაშორებულ მოწყობილობასთან გვაქვს მონაცემთა გაცვლის მაქსიმალური სიჩქარე, ხოლო უფრო შორ მანძილზე დაშორებულ მოწყობილობებთან მონაცემთა გაცვლის სიჩქარე მანძილის პროპორციულად იკლებს.

ცხრილი 1. ექსპერიმენტის პარამეტრები და შედეგები

მოწყობილობის №	ვარიანტი, №	მონაცემთა გაცვლის სიჩქარე Vბიტი/წმ	დაშორება MTU-დან, მ	კაბელის ტიპი	წაკითხული რეგისტრების რაოდენობა	კავშირის ხარისხი: კარგი, მისაღები, ცუდი
P30P-1	1	256000	0,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-2		6000	305,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-3		115200	610,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-1	2	256000	0,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-3		115200	610,2	FTP CAT6	1	ცუდი
P30P-1	3	256000	0,2	FTP CAT6	1	კარგი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	1	კარგი
P30P-3		9600	610,2	FTP CAT6	1	მისაღები
P30P-1	4	256000	0,2	FTP CAT6	1	კარგი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	1	კარგი
P30P-3		4800	610,2	FTP CAT6	1	კარგი
P30P-1	5	256000	0,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-2		256000	305,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-3		115200	610,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-1	6	256000	0,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-3		115200	610,2	FTP CAT6	63	ცუდი
P30P-1	7	256000	0,2	FTP CAT6	63	კარგი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	63	კარგი
P30P-3		9600	610,2	FTP CAT6	63	მისაღები
P30P-1	8	256000	0,2	FTP CAT6	63	კარგი
P30P-2		115200	305,2	FTP CAT6	63	კარგი
P30P-3		4800	610,2	FTP CAT6	63	კარგი

დასკვნის სახით შეიძლება ვთქვათ, რომ Modbus RTU პროტოკოლი საშუალებას იძლევა MTU-სა და სხვადასხვა მანძილზე დაშორებულ RTU-ებს შორის მოვახდინოთ ტრანზაქციები მონაცემთა გაცვლის სხვადასხვა სიჩქარეებით და მაღალი საიმედოობით.

SCADA სისტემის წარმადობის ამადლების ხერხი მონაცემთა გაცვლის დინამიური სიჩქარეებით

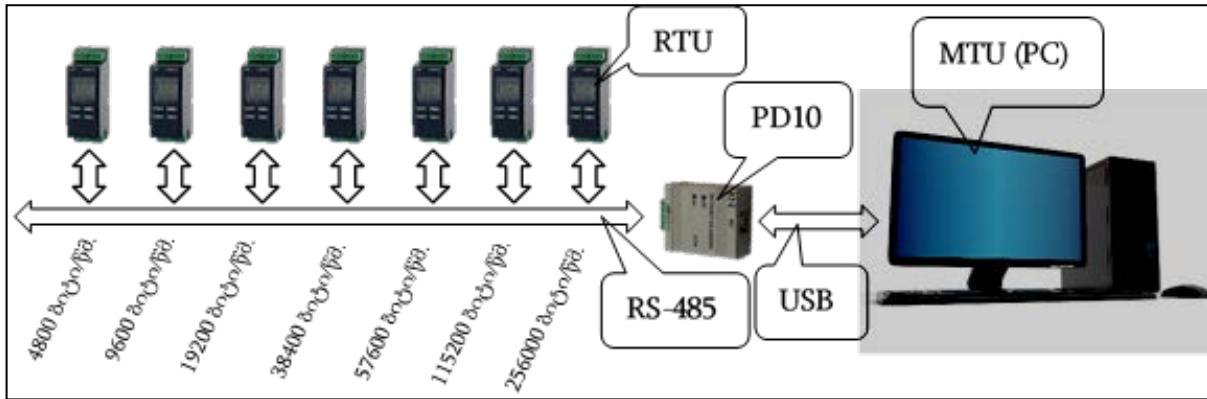
Modbus პროტოკოლში მონაცემთა დინამიკური სიჩქარეებით გადაცემის შემოთავაზებული ხერხის არსი მდგომარეობს კავშირის ერთ არხში MTU მთავარ მოწყობილობასა და რამდენიმე კონკრეტულ RTU მოწყობილობებს შორის მონაცემთა გაცვლის სხვადასხვა სიჩქარეების გამოყენებაში კონკრეტული RTU-ს MTU-დან დაშორების მანძილიდან გამომდინარე. მონაცემთა გაცვლის სიჩქარეების შერჩევა ხდება მონაცემთა გადაცემისას დაშორების მანძილიდან გამომდინარე და მაღალი საიმედოობის გათვალისწინებით.

როგორც ზემოთ იყო ნახვენები, მონაცემთა გაცვლის საიმედოობაზე მოქმედებს გამოყენებული კაბელის სიგრძე და მონაცემთა გაცვლის სიჩქარე. ასევე შევნიშნავთ, მონაცემთა გაცვლის საიმედოობაზე მოქმედებს გამოყენებული კაბელის ტიპი და სხვადასხვა გარემო პირობები, რომლის გამოკვლევა და ანალიზი მოცემული სამუშაოს მიზანს არ წარმოადგენს.

შემოთავაზებული ხერხი გულისხმობს SCADA სისტემაში MTU მოწყობილობიდან ახლო მანძილზე განთავსებულ RTU მოწყობილობასთან მონაცემთა გაცვლის მაღალი სიჩქარის Vბიტი/წმ გამოყენებას, ხოლო დაშორებულ MTU მოწყობილობასთან – დაბალი სიჩქარის Vბიტი/წმ გამოყენებას.

ხერხის არსის დემონსტრირებისათვის, დაუშვათ გვაქვს SCADA სისტემა მონაცემთა გაცვლის ერთი არხით და რამდენიმე (ამ შემთხვევაში – შვიდი) ერთნაირი RTU მოწყობილობით. დაშვება იმისა, რომ SCADA სისტემის მოდელში გამოყენებულია შვიდი მიმყოლი მოწყობილობა, განპირობებულია იმით, რომ ექსპერიმენტის დროს ჩვენ გამოვიყენეთ მონაცემთა გაცვლის შვიდი სხვადასხვა სიჩქარე Vბიტ/წმ: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 და 256000.

SCADA სისტემის მოდელის არქიტექტურა ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე.



ნახ. 4. ექსპერიმენტის დანადგარის არქიტექტურა 7 (შვიდი) RTU მოწყობილობისათვის

დაუშვათ, მოტანილ SCADA სისტემის მოდელში MTU-სა და RTU-ებს შორის მონაცემთა გაცვლა ხორციელდება ტრადიციული ხერხით – ერთი სიჩქარით. ასევე დაუშვათ, რომ $V_{\text{ბიტ/წმ}}=4800$ და $N_{\text{რეგისტრი}}=1$. ასევე დაუშვათ, რომ თანმიმდევრობით ხდება ყველა RTU-ს გამოკითხვა და $V_{\text{ბიტ/წმ}}=4800$ სიჩქარით ერთ RTU-თან მონაცემთა გაცვლის დრო არის ტონ.გაცვლა.ო შესაბამისად, შვიდი RTU-ს გამოკითხვისათვის საჭირო იქნება ჯამური დრო $T_{\text{მონ.გაცვლა, ტრადიციული}}=7 \cdot t_{\text{მონ.გაცვლა}}$.

შემოთავაზებული ხერხის შემთხვევაში დაუშვათ, რომ MTU მოწყობილობები მუშაობენ მონაცემთა გაცვლის იმ სიჩქარეებზე, რაც ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე. შესაბამისად, თითოეულ მოწყობილობასთან ტრანზაქციებისათვის მოითხოვება სხვადასხვა დრო, რაც ასახულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. მონაცემთა გაცვლის დროების მონაცვლა ურთიერთდამოკიდებულება

მონ.გაცვლა. Vბიტ/წმ	
4800	მონ.გაცვლა
9600	1/2* მონ.გაცვლა
19200	1/4* მონ.გაცვლა
38400	1/8* მონ.გაცვლა
57600	1/12* მონ.გაცვლა
115200	1/24* მონ.გაცვლა
256000	1/53* მონ.გაცვლა

მაშასადამე,

$T_{\text{მონ.გაცვლა, შემოთავაზებული}} = t_{\text{მონ.გაცვლა}} \cdot (1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/12 + 1/24 + 1/53) \approx 2 \cdot t_{\text{მონ.გაცვლა}}$
 შესაბამისად, მოგება დროში იქნება $\sigma = (7 \cdot t_{\text{მონ.გაცვლა}}) / (2 \cdot t_{\text{მონ.გაცვლა}}) = 3,5$.

ამდენად, შემოთავაზებული ხერხი მონაცემთა გაცემის დინამიკური სიჩქარეებით საშუალებას იძლევა ავამაღლოთ SCADA სისტემის წარმადობა.

რეკომენდაციები SCADA სისტემის პროექტირებისათვის.

ზემოთ გაკეთებული დასკვნებიდან შეიძლება ფორმირებული იქნას SCADA სისტემის პროექტირებისათვის შემდეგი რეკომენდაციები:

- სისტემის საერთო წარმადობის ამაღლების მიზნით პროექტირებად სისტემაში მიმყოფი მოწყობილობები რანჟირებულნი უნდა იქნან მონაცემთა გაცვლის საჭირო სიჩქარეების მიხედვით;
- მიმყოფი მოწყობილობები, რომლებიც მოითხოვენ მონაცემთა გაცვლის მაღალ სიჩქარეებს ტერიტორიულად განთავსებულნი უნდა იქნან წამყვან მოწყობილობასთან ახლოს;
- თუ მიმყოფი მოწყობილობის რომელიმე პარამეტრზე სისტემას მოეთხოვება სწრაფი რეაგირება, მაშინ ის არ უნდა იქნას ამოკითხული სხვა პარამეტრებთან ერთად ერთიანი პაკეტით.

ამრიგად, შემოთავაზებულია SCADA სისტემის წარმადობის კვლევის მოდელი და ტექნოლოგიური დანადგარის აღწერა.

ჩატარებულია ექსპერიმენტული კვლევები SCADA სისტემის წარმადობაზე გავლენის მქონე პარამეტრების და დონის დადგენისათვის.

დადგენილია კავშირის ერთი არხით MTU-სა და რამდენიმე RTU-ს შორის მონაცემთა გაცვლის სხვადასხვა სიჩქარეების გამოყენების შესაძლებლობა.

SCADA სისტემის წარმადობის ამაღლების მიზნით შემოთავაზებულია ხერხი, როცა კავშირის ერთი არხით სხვადასხვა სიჩქარეებით ხორციელდება მონაცემთა გაცვლა MTU-სა და რამდენიმე RTU-ს შორის, რაც გულისხმობს მონაცემთა გაცვლას MTU-თან ახლომდებარე RTU-ებთან მაღალი სიჩქარეებით, ხოლო დაშორებულ RTU-ებთან – დაბალი სიჩქარეებით.

ნაჩვენებია, რომ შემოთავაზებული ხერხი – Modbus პროტოკოლი მონაცემთა გაცვლის დინამიკური სიჩქარეებით სწრაფქმედების თვალსაზრისით 3,5-ჯერ სწრაფია, ვიდრე SCADA სისტემა ტრადიციული არქიტექტურით.

ლიტერატურა

1. МКА, Источник:журнал «Мир компьютерной автоматизации», Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA-системы). <http://masters.donntu.org/2011/etf/suchorukov/library/article1.htm>.
2. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взглядизнутри. -М.: РТСофт, 2004, сс.7-13. <https://b-ok.org/book/552822/9670ce>.
3. DanfossDCS (sw), DATA COMMUNICATION MODBUS RS 485 RTU. 2015.10, pp.4-6. http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/DKRCC.PS.R00.A1.02_Modbus_sw.pdf.
4. Modbus.org,http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf.12/02/02pp 20, 21.
5. Ten ways to bulletproof RS-485 interface. - National Semiconductor Application Note 1057, Oct. 1996, 10 p
6. Имнаишвили Л.Ш.,Бединеишвили М.М., Годердзишвили Г.И., Иашвили Н.Г. УЧЕБНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД SCADA СИСТЕМ. Материалы Международной научно-практической конференции «Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований», 9 февраля 2017, Прага, Чехия.

SUMMARY

THE METHOD OF RAISING SCADA SYSTEM PRODUCTIVITY WITH THE DYNAMICS PEEDS OF DATA EXCHANGE

Imnaishvili L.Sh., Bedineishvili M.M., Gasitashvili Z.A. and Zedginidze G.G.

Georgian Technical University

In the article the dependence between the speed of data exchange in one channel among of master and slave devices and their reliability in SCADA systems is researched. Basically, it is allowed to work with different speeds for slave devices in one channel. The dynamic method of data exchange has been developed when in a single contact channel, the master device works with high speed of data exchange, but for remote slave devices it works with low speeds. The proposed method of data exchange gives profits in productivity. As a result, the recommendations of high productive SCADA system design have been developed.

Keywords: SCADA systems, monitoring, control.

ანტიმიკრობული პეპტიდების ნიშანთა სივრცის შერჩევა

ჩხაიძე მ.ნ., ბარნოვი ს.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

ანტიომიკრობული პეპტიდების (ამპ) ძირითადი ფუნქციაა ორგანიზმში შეჭრილი პათოგენური მიკროორგანიზმების (ვირუსების, ბაქტერიების, სოკოების, პარაზიტების) განადგურება. ამპ-თა ფართო სპექტრია იდენტიფიცირებული და შესწავლილი, თუმცა სტრუქტურა-აქტივობას შორის დამოკიდებულების ნათელი სურათი ჯერ კიდევ არაა შექმნილი, რასაც განაპირობებს ამპ-თა ამინომჟავური თანამიმდევრობებისა და სივრცული სტრუქტურების დიდი მრავალფეროვნება. ამინომჟავური თანამიმდევრობა განსაზღვრავს პეპტიდის ფუნქციურ შესაძლებლობებს, რის გამოც არაერთგვაროვან სიმრავლეში რაიმე ზოგადი კანონზომიერების დადგენა გაძნელებულია. თითოეულ პეპტიდს აქვს თავისი მახასიათებელი ნიშნები, რომლებიც გვეხმარება პეპტიდების ნიშანთა სივრცის შედგენაში. მონაცემები წარმოდგენილია ვექტორების სახით, რაც საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ მანქანური სწავლების, კერძოდ ნეირონული ქსელების დასწავლის მეთოდი. კვლევის მიზანია შეირჩეს ისეთი ნეირონული ქსელი, რომელიც წარმატებით განასხვავებს ამპ-ს არაამპ-გან.

თემის აქტუალობიდან გამომდინარე, ანტიმიკრობულ პეპტიდთა ამოცნობაზე ცხადია მუშაობა მიმდინარეობს მსოფლიოში. ამ მხრივ აღსანიშნავია თბილისში ექსპერიმენტული მედიცინის ინსტიტუტის ბიოინფორმატიკის განყოფილება. სადაც შეიქმნა და განვითარების პროცესშია მონაცემთა ბაზა პეპტიდების ანტიმიკრობული აქტივობისა და სტრუქტურის შესახებ (DBAASP). ბაზაში არსებობს 4500-ზე მეტი პეპტიდის შესახებ ინფორმაცია, რაც იძლევა ექსპერიმენტით დადასტურებული ამპ და არაამპ-თა სიმრავლეების ანუ სახეების ფორმირების შესაძლებლობას. შესაბამისად, კვლევები მიმართულია ამოცნობის ისეთი მეთოდების გამოყენებით, რაც მიგვაღებინებს ამოცნობის მაქსიმალურად მაღალ საიმედოობას.

მახასიათებელი ნიშნების შერჩევა

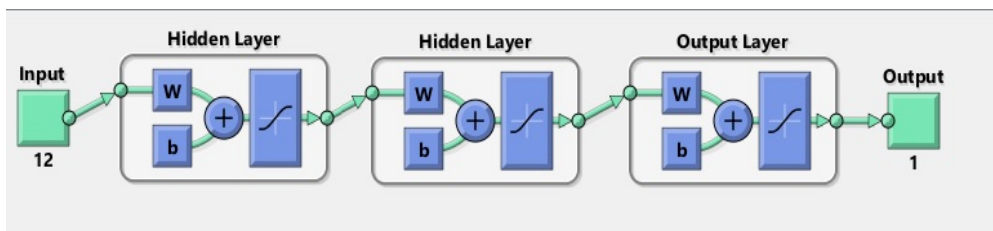
სახეთა ამოცნობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრობლემად მიიჩნევა ნიშანთა შერჩევა-შეფასება. ნიშანთა შერჩევის პროცესი გამოირჩევა სირთულით და გამოკვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ სახის ყველა ნიშანი არაა ერთნაირად მნიშვნელოვანი ამოცნობისთვის. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ ნებისმიერი სახისთვის უპირველეს ყოვლისა დადგენილი უნდა იყოს იმ ნიშანთა სრული სიმრავლე, რომლებიც შეიძლება ახასიათებდეს მოცემულ სახეებს. ჩვენს შემთხვევაში გვაქვს რაოდენობრივი ნიშნები. პირველადი კვლევა ჩატარდა 9 (ცხრა) მახასიათებელი ნიშნით. თუმცა, მოგვეცა საშუალება ანტიმიკრობულ პეპტიდებს დამატებოდა კიდევ 3 (სამი) მახასიათებელი ნიშანი, რაც გვაძლევს დამატებითი კვლევის ჩატარების საშუალებას. კვლევა ხორციელდება 9 და 12 მახასიათებელი ნიშნით, რომლის საშუალებითაც ვადგენთ, თუ რომელი ნიშნებით მიიღება ექსპერიმენტის უკეთესი შედეგები.

ექსპერიმენტული კვლევები განხორციელდა სხვადასხვა ნეირონულ ქსელებზე. კერძოდ, პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელი (feed-forward backprop), კასკადური გავრცელების ქსელი (cascade-forward backprop) და Layer Recurrent (რეკურენტული შრე). როგორც ვიცით, უშუალოდ ნეირონული ქსელის არქიტექტურის აგება, ქსელის სწავლება და შემდეგ ქსელის ხარისხის შეფასება დამოკიდებულია ნეირონული ქსელის სტრუქტურის შერჩევაზე (შრეების რაოდენობა, ნეირონების რაოდენობა შრეში, ნეირონებს შორის კავშირები), ნეირონული ქსელის სწავლების ალგორითმის და აქტივაციის ფუნქციის შერჩევაზე. ასევე ქსელის ფუნქციონირების კრიტერიუმების შერჩევა (სწავლების სიჩქარე, ამოცნობის დრო, გადაწყვეტილებათა სიზუსტე და სხვ.). სხვადასხვა ნეირონული ქსელის აგება და მისი რედაქტირება (სტრუქტურის, ტოპოლოგიის, ნიშანთა სივრცის შერჩევა) საჭიროა იმისთვის, რომ მოხდეს ნეირონული ქსელის იმ ალტერნატივის საბოლოო ამორჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს საუ-

კეთესო შედეგებს. ამით ნეირონული ქსელის არქიტექტურის აგების პროცესი სრულდება და შეიძლება მისი პრაქტიკული გამოყენება.

1. (feed-forward backprop) - პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელი. იგი შედგება სამი ფარული შრისაგან, ნეირონების რაოდენობა არის 10, performance function – MSE (საშუალო კვადრატული ცდომილება), adaption learning function – Learn GD (ქსელის სწავლების ფუნქცია, რომელიც განახლებს წონისა და წანაცვლების (Bias) სიდიდეებს გრადიენტული დაშვების მიხედვით), სასწავლო ალგორითმები - ლევენბერგის, გრადიენტული დაშვების, conjugate gradient (scg), შემთხვევითი (Random).

პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელები – აქ ქსელის ყველა კავშირი მკაცრად მიმართულია შემავალი ნეირონებისაგან გამომავალი ნეირონებისკენ. ზოგჯერ ასეთ ქსელებს უწოდებენ მრავალშრიან პერსეპტრონს (ჩვეულებრივ როზენბლატის პერსეპტრონში მხოლოდ ერთი ფარული შრეა); სტრუქტურული სქემა ნახვენბია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. პირდაპირი გავრცელების ქსელის სტრუქტურული სქემა

როგორც ვხედავთ, ქსელს აქვს 12 შესასვლელი, ათი ნეირონი, აქტივაციის ფუნქცია არის tansig (ჰიპერბოლური ტანგენსი). ამის შემდეგ გადავიფაროთ ქსელის დასწავლის პროცესზე და Training parameters ჩანართში შევავსოთ შესაბამისი ველები: დასწავლის ეპოქების რაოდენობა (epochs), დასწავლის სიზუსტე (goal), განახლების პერიოდი (show), დასწავლის დრო (time), რის შემდეგაც ხდება ქსელის დასწავლა.

სხვადასხვა ნეირონულ ქსელს აქვს განსხვავებული არქიტექტურა, რაც დამოკიდებულია ნეირონების რაოდენობასა და შრეების კავშირზე. მასში შემავალი და გამომავალი სიგნალების სიმრავლე არის ვექტორი. არსებობს ქსელების სწავლების მრავალი ალგორითმი, რაც განსაზღვრავს ამოცანის გადაწყვეტის სიზუსტესა და გამოთვლითი ოპერაციების რაოდენობას სწავლების თითოეულ ბიჯზე, შესაბამისი მიზნობრივი ფუნქციებით. იტერაციული პროცედურებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა მათემატიკური მეთოდი, ასევე ოპტიმიზაციის მეთოდები. იტერაციის თითოეულ ბიჯზე ხდება მიზნობრივი ფუნქციის გამოთვლა, რომელიც შედარდება წინა ბიჯზე მიღებულ შედეგთან, რაც განსაზღვრავს მომდევნო ბიჯზე შესასრულებელ მოქმედებებს.

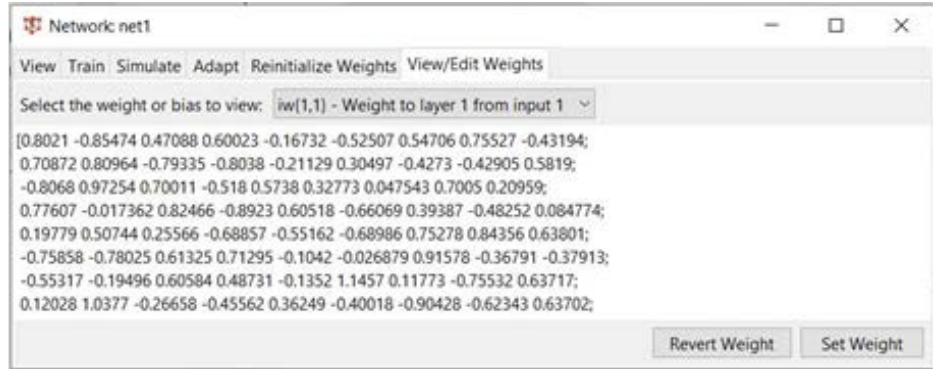


ნახ. 2. ქსელის სწავლება

ნახ. 2-ზე ჩანს დასწავლის პროცესის მიმდინარეობა. როცა გამოსახულება ფანჯარაში გაჩერდება დასწავლა დამთავრებულია. გამოსახულებიდან ჩანს, რამდენი ეპოქა და რა დრო დასჭირდა ქსელს. performance დილაკის დაჭერით გამოვა ფანჯარა, სადაც აისახება დასწავლის ცდომილების ცვლილება ეპოქების მიხედვით.

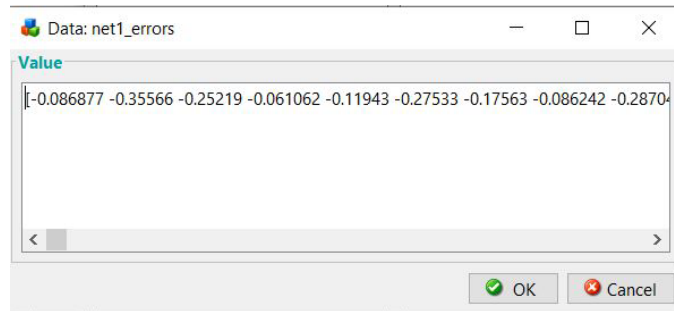
ყოველი ახალი ინფორმაციის გამოჩენა წარმოადგენს იტერაციის თითო ბიჯს, რომლის დროსაც ხდება მიზნობრივი ფუნქციის ან მისი გრადიენტის მნიშვნელობის გამოთვლა. ქსელის სწავლება ითვლება დამთავრებულად, როდესაც პარამეტრების მნიშვნელობების ცვლილებები მის დასაშვებ ზღვარს არ სცილდება.

მოძებნილი წონის კოეფიციენტების ნახვა და რედაქტირება შეიძლება View/Edit Weights ჩანართზე (ნახ. 3).

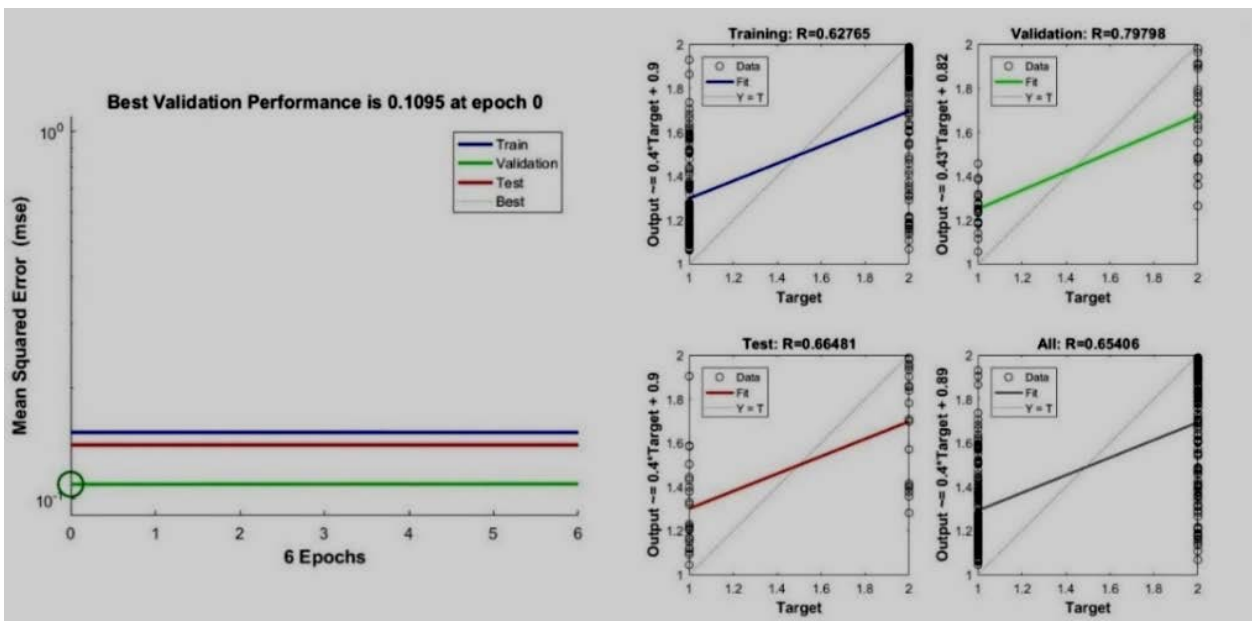


ნახ. 3. წონითი კოეფიციენტები

დასწავლის შემდეგ ძირითად ფანჯარაში შეიძლება შედეგის ნახვა. ასევე აქვს ცდომილების ნახვის საშუალება (ნახ.4).



ნახ. 4. ცდომილების შედეგები



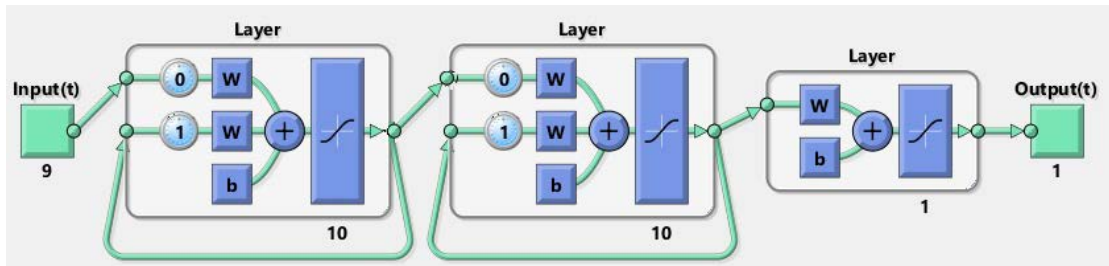
ნახ. 5. გრადიენტული მეთოდის შედეგები

პირდაპირი გავრცელების ნეირონული ქსელის სწავლების კვლევის შედეგებიდან (ცხრ. 1) ნათლად ჩანს, რომ ამოცნობის შედეგები უკეთესია 9 მახასიათებელი ნიშნით სწავლებისას. სასწავლო ალგორითმიდან ყველაზე უკეთესი შედეგი აქვს გრადიენტულ მეთოდს (ნახ. 5).

ცხრილი 1. პირდაპირი გავრცელების ქსელის (feed – forward backprop) სწავლების კვლევის შედეგები

№	სწავლების მეთოდი	ნეირონების რაოდენობა	აქტივაციის ფუნქცია	შრების რაოდენობა	მახასიათებელი ნიშნების რაოდენობა 12	მახასიათებელი ნიშნების რაოდენობა 9
1	ლევენბერგის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-10 შეცდომა II-8 შეცდომა	I-8 შეცდომა II-7 შეცდომა
2	გრადიენტული მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-9 შეცდომა II-11 შეცდომა	I-7 შეცდომა II-7 შეცდომა
3	გრადიენტული მეთოდი	15	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-5 შეცდომა II-10 შეცდომა	I-6 შეცდომა II-10 შეცდომა
4	Scale conjugate backprop	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-8 შეცდომა II-9 შეცდომა	I-8 შეცდომა II-8 შეცდომა
5	ბაიესის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-6 შეცდომა II-5 შეცდომა	I-8 შეცდომა II-12 შეცდომა
6	Random order incremental შემთხვევითი თანმიმდევრობა	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I-11 შეცდომა II-8 შეცდომა	I-5 შეცდომა II-9 შეცდომა

2. (Cascade-forward backprop) - კასკადური გავრცელების ნეირონული ქსელი. იგი შედგება სამი ფარული შრისაგან, ნეირონების რაოდენობა არის 10, performance function – MSE (საშუალო კვადრატული ცდომილება), adaption learning function – Learn GD (ქსელის სწავლების ფუნქცია, რომელიც გაანახლებს წონისა და წანაცვლების (Bias) სიდიდეებს გრადიენტული დაშვების მიხედვით), სასწავლო ალგორითმები - ლევენბერგის, გრადიენტული დაშვების, conjugate gradient (scg), შემთხვევითი (Random). მისი სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 6-ზე.

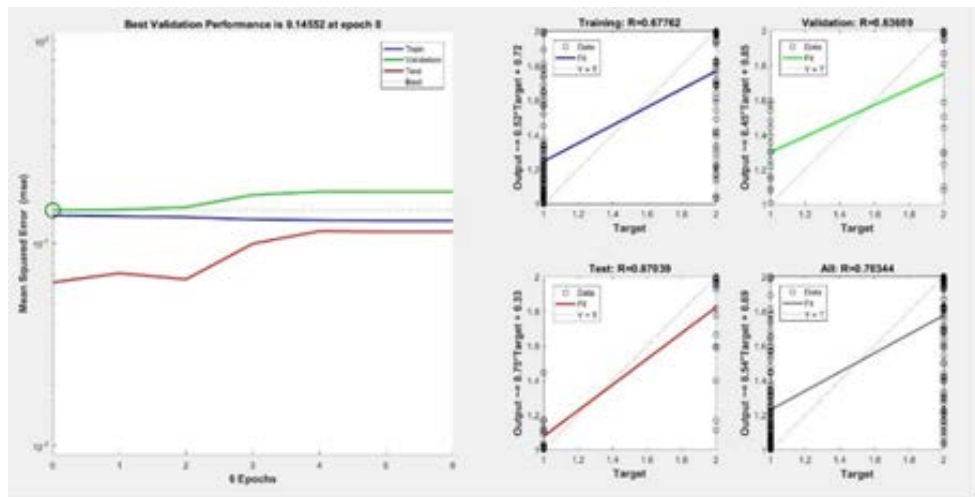


ნახ. 6. კასკადური გავრცელების ქსელის სტრუქტურული სქემა

ცხრილი 2. კასკადური გავრცელების ქსელის (Cascade – forward backprop) სწავლების კვლევის შედეგები

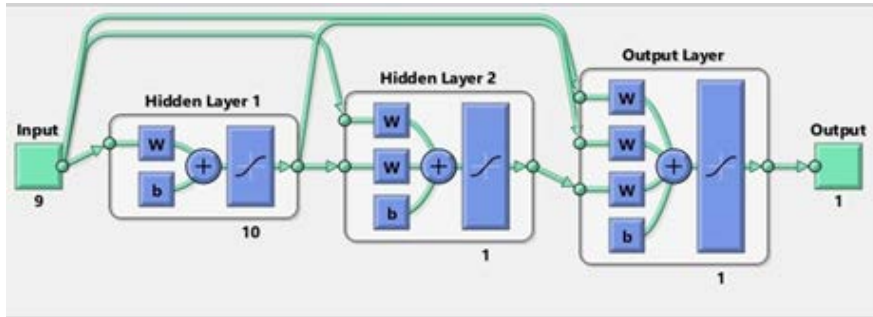
№	სწავლების მეთოდი	ნეირონების რაოდენობა	აქტივაციის ფუნქცია	შრების რაოდენობა	მასსიათებელი ნიშნების რაოდენობა 12	მასსიათებელი ნიშნების რაოდენობა 9
1	ლევენბერგის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 6 შეცდომა II – 5 შეცდომა	I – 9 შეცდომა II – 6 შეცდომა
2	გრადიენტული მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 8 შეცდომა II – 8 შეცდომა	I – 6 შეცდომა II – 10 შეცდომა
3	გრადიენტული მეთოდი	15	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 11 შეცდომა II – 8 შეცდომა	I – 12 შეცდომა II – 7 შეცდომა
4	Scale conjugate backprop	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 8 შეცდომა II – 8 შეცდომა	I – 6 შეცდომა II – 6 შეცდომა
5	ბაიესის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 8 შეცდომა II – 7 შეცდომა	I – 9 შეცდომა II – 6 შეცდომა
6	შემთხვევითი თანმიმდევრობა	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 6 შეცდომა II – 8 შეცდომა	I – 6 შეცდომა II – 10 შეცდომა

კასკადური ნეირონული ქსელის სწავლების კვლევის შედეგებიდან (ცხრ. 2) ნათლად ჩანს, რომ ამოცნობის შედეგები უკეთესია 9 მასსიათებელი ნიშნით სწავლებისას. სასწავლო ალგორითმებიდან ყველაზე უკეთესი შედეგი აქვს scaled Conjugate gradient მეთოდს (ნახ. 7).



ნახ. 7. scaled Conjugate gradient მეთოდის შედეგები

3. (Layer recurrent) - რეკურენტული ქსელი. რეკურენტული ქსელები იგივე უკუ-გავრცელების ქსელები - სიგნალი ამ ქსელებში გამოძავალი ნეირონებისგან ან ფარული შრის ნეირონებისგან ნაწილობრივ გადაეცემა შემავალ ნეირონებს; იგი შედეგა საში ფარული შრისაგან, ნეირონების რაოდენობა არის 10, performance function – MSE (საშუალო კვადრატული ცდომილება), adaption learning function – Learn GD (ქსელის სწავლების ფუნქცია, რომელიც გაანახლებს წონისა და წანაცვლების (Bias) სიდიდეებს გრადიენტული დაშვების მიხედვით), სასწავლო ალგორითმები - ლევენბერგის, გრადიენტული დაშვების, conjugate gradient (scg), შემთხვევითი (Random). სქრუქტურული სქემა გამოსახულია ნახ. 8-ზე.



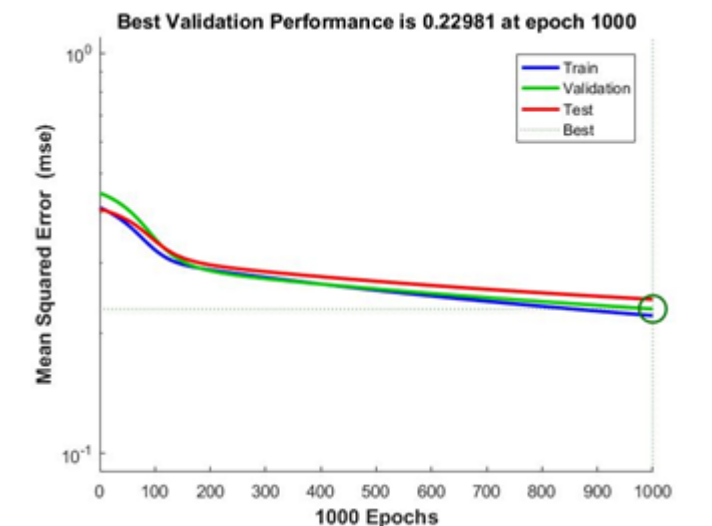
ნახ. 8. რეკურენტული ქსელის სტრუქტურული სქემა

ცხრილი 3. რეკურენტული ქსელები სწავლების კვლევის შედეგები

№	სწავლების მეთოდი	ნეირონების რაოდენობა	აქტივაციის ფუნქცია	შრეების რაოდენობა	მახასიათებელი ნიშნების რაოდენობა 12	მახასიათებელი ნიშნების რაოდენობა 9
1	ლევენბერგის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 8 შეცდომა II – 8 შეცდომა	I – 7 შეცდომა II – 8 შეცდომა
2	გრადიენტული მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 6 შეცდომა II – 9 შეცდომა	I – 6 შეცდომა II – 7 შეცდომა
3	გრადიენტული მეთოდი	15	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 3 შეცდომა II – 14 შეცდომა	I – 6 შეცდომა II – 7 შეცდომა
4	შცაღე ცონჯ უბატე ბაცკპროკ	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 7 შეცდომა II – 9 შეცდომა	I – 7 შეცდომა II – 8 შეცდომა
5	ბაიესის მეთოდი	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 8 შეცდომა II – 7 შეცდომა	I – 8 შეცდომა II – 9 შეცდომა
6	შემთხვევითი თანმიმდევრობა	10	ჰიპერბოლური ტანგენსი	3	I – 12 შეცდომა II – 6 შეცდომა	I – 7 შეცდომა II – 9 შეცდომა

უკუკავშირებიან ნეირონულ ქსელებში როგორც მომდევნო შრეს, ასევე რომელიმე

გამომავალი სიგნალები გადაეცემა წინამდებარე შრეს. უკუკავშირებიან



ნახ. 9. რეკურენტული მეთოდის შედეგები

ნეირონულ ქსელებში შეიძლება გამოვყოთ ორი ძირითადი სახეობა: ციკლური და რეკურენტული სრულკავშირებიანი ნეირონული ქსელები;

რეკურენტული ქსელის სწავლების კვლევის შედეგებიდან (ცხრ. 3) ნათლად ჩანს, რომ ამოცნობის შედეგები უკეთესია 9 მახასიათებელი ნიშნით სწავლებისას. სასწავლო ალგორითმებიდან ყველაზე უკეთესი შედეგი აქვს გრადიენტული დაშვების მეთოდს (ნახ. 9).

ამრიგად, ნაშრომში განხილული იყო ანტიმიკრობული პეპტიდების ამოცნობა სხვადასხვა ნეირონული ქსელზე. მოვახდინეთ შედარება 9 და 12 მახასიათებელი ნიშნით, რომლის საშუალებითაც ვადგენთ, თუ რომელი მახასიათებელი ნიშნებით მიიღება ექსპერიმენტით ჩატარებული უკეთესი შედეგები. თუმცა ცალსახად გამოყოფა კონკრეტული ნეირონული ქსელის რთულია, რადგან ყველა ქსელზე სხვადასხვა მონაცემები მივიღეთ. რა თქმა უნდა საუკეთესო შედეგები, რომლებიც კვლევისას მივიღეთ გათვალისწინებული იქნება შემდგომში.

ლიტერატურა

1. არჩილ ფრანგიშვილი, ოლეგ ნამიჩეიშვილი, არჩილ ელიზბარაშვილი. ნეირონული ქსელები. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007, 164 გვ.
2. რ. ჩოგოვაძე, რ. ხუროძე. ხელოვნური ნეირონული ქსელები, თბილისი, 2006.
3. Martin T. Hagon, Howard B. Demuth Neural Network Toolbox, 2016 by The MathWorks, Inc.
4. ო. ვერულავა, რ. ხუროძე. ამომცნობი სისტემების თეორიის საფუძვლები. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2001.
5. ძინ სუნი ბიონინფორმატიკის საფუძვლები. თბილისი, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2012.
6. Guangshun Wang, Antimicrobial Peptides, Boston, USA, 2017.
7. Michael Paluszczek, Stephanie Thomas. MATLAB Machine Learning, USA, 2017.
8. Phil Kim. MATLAB Deep Learning, Korea, 2017.

SUMMARY

SELECTION A SET OF SIGNS OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES

Chkhaidze M.N. and Barnovi S.K.

Georgian Technical University

The paper describes the process of selecting a set of amino acid sequences for AMP and non-AMP. For the analysis and evaluation of the signs mini and maxi portraits are compiled for the patterns of antimicrobial and non-antimicrobial peptides. The results obtained for each sign reflect the range of sign changes and can also be used in the recognition and clustering (or pre-selection) stages. Developing a recognition method for signs by that we have obtained a sets of difficult-to-divide patterns is a very relevant and necessary research. The recognition process are accomplished by artificial neural networks of different architectures, which combine neural networks and algorithms. Therefore, a neural network is ultimately selected, that provides the best results.

Keywords: antimicrobial peptides, neural networks, selection of signs.

მაღლივი შენობების პროგრესირებად რღვევაზე
ბანგარშიშების საპითხებო

ზამბახიძე ლ.ი., ურუშაძე ი.ვ., ნებიერიძე ნ.ვ., წაქაძე ა.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შენობა-ნაგებობების უსაფრთხო ექსპლოატაციას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. ამ მხრივ, ბოლო პერიოდში მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა შენობა-ნაგებობების პროგრესირებადი რღვევებისადმი მედეგობას. აღსანიშნავია, რომ პროგრესირებად რღვევებზე ანგარიში შეტანილია ბევრი ქვეყნის ნორმატიულ დოკუმენტებში.

პროგრესირებადი რღვევა ეს არის სამშენებლო კონსტრუქციაში რომელიმე მზიდი ელემენტის ლოკალური ადგილის დაზიანებით გამოწვეული დანარჩენი კონსტრუქციების მიმდევრობით დაზიანება, რომელიც იწვევს მთლიანი შენობის ან მისი მნიშვნელოვანი ნაწილის რღვევას.

მზიდი ელემენტების ლოკალური დაზიანებები შეიძლება გამოწვეული იყოს ტერაქტით, გაზის გაჟონვის შედეგად აფეთქებით, ავტომობილის დაჯახებით, პროექტირების დროს ან ექსპლოატაციის პროცესში დაშვებული შეცდომებით, და ა.შ.

შენობა-ნაგებობების უსაფრთხოების ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს ექსპლოატაციის პროცესიდან პროგრესირებადი რღვევების გამორიცხვა – ეს კი განსაკუთრებული საპროექტო ამოცანაა, რომელიც უნდა გადაიჭრას ინდივიდუალურად, ცალკეული შენობა-ნაგებობებისათვის.

პროგრესირებადი რღვევების ექსპლოატაციის პროცესიდან გამორიცხვა შესაძლებელია განხორციელდეს პროექტირების პროცესში, ორი პრინციპული გზის გათვალისწინებით. 1. კონსტრუქციული სქემის საერთო სიხისტის გაზრდით, 2. საანგარიშო სქემის სტატიკურად ურკვევობის გაზრდით.

კონსტრუქციული სქემის საერთო სიხისტის გაზრდა შესაძლებელია განხორციელდეს სამონტაჟო კვანძების სიხისტის გაზრდით; სვეტების, რიგელებისა და გადახურვის ფილების შეერთების კვანძების გამონოლითებით - რითაც შეიქმნება ერთიანი სივრცული სისტი დიაფრაგმა; გეგმაში დამატებითი ვერტიკალური სიხისტის ელემენტების (დიაფრაგმა, ბრთვი) დამატებით; არმირების გაძლიერებით და ა.შ.

საანგარიშო სქემის სტატიკურად ურკვევობის გაზრდა შესაძლებელია განხორციელდეს შენობის როგორც სივრცული სისტემის გაანგარიშებაში არამზიდი ელემენტების გათვალისწინებით, მნიშვნელოვანი ბზარის გახსნისა და დეფორმაციების შემთხვევაში, კონსტრუქციის პლასტიკური მუშაობის გათვალისწინება და ა.შ.

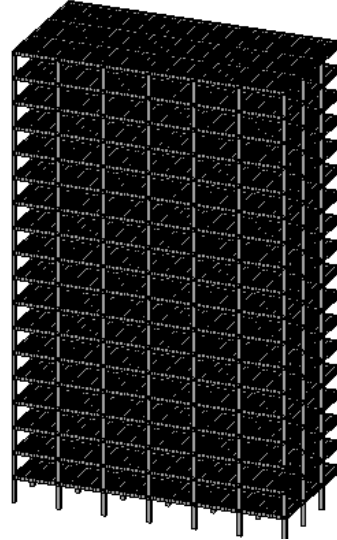
პროგრესირებად რღვევებზე გაანგარიშებისას უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ის გარემოება, რომ თუკი მწყობრიდან გამოვა სისტემის ლოკალური ელემენტი, მან არ უნდა გამოიწვიოს გვერდით მდგომი მზიდი ელემენტის დაზიანება, ანუ გვერდით მდგომმა ელემენტმა უნდა შესძლოს დაზიანებული ელემენტიდან გადმოცემული დატვირთვების თავის თავზე აღება ისე, რომ არ განიცადოს რღვევა.

პროგრესირებად რღვევაზე ანგარიში წარმოებს დაბალი სართულის დონეზე ყველაზე დაძაბული ერთი რომელიმე მზიდი ელემენტის, (სვეტი, პილონი, დიაფრაგმის ნაწილი) ანგარიშიდან გამოთიშვით. ამასთან ჯერ ანგარიში ტარდება ნაგებობაზე, რომელმაც უნდა დააკმაყოფილოს ნორმალური ექსპლოატაციის პირობები, შემდეგ კი ხდება ყველაზე დაძაბულ ადგილებში რომელიმე ელემენტის გამორიცხვა. გაანგარიშების შედეგად, ანგარიშიდან გამორიცხული ელემენტის მიმდებარე ელემენტებში გაიზრდება ძაბვები და შედეგად არმირება. შესაძლებელია მსგავის უბნების ელემენტებში, ანგარიშის გარეშე, არმირების ანალოგიურად გაზრდა.

პროგრესირებად რღვევაზე ანგარიში ტარდება სტატიკურ ზემოქმედებაზე, ამასთან დასაშვებია ანგარიში ტარდებოდეს მხოლოდ I ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით. ამ დროს დასაშვებია დიდი ჩაღუნვები და დეფორმაციები, რომლებმაც შესაძლოა მიგვიყვანოს საექსპლოატაციო პირობების გაუარესებამდე, მაგრამ არ უნდა მოხდეს კონსტრუქციის რღვევა.

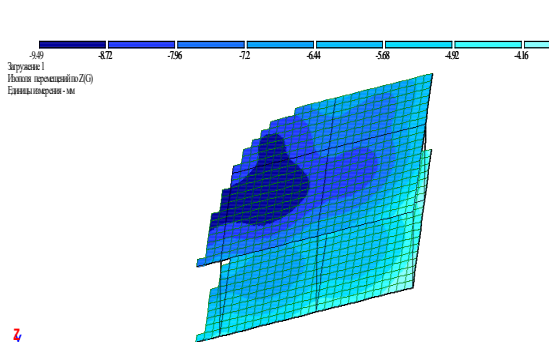
განვიხილოთ პროგრესირებად რღვევაზე ანგარიში 26 სართულიანი სახლის მაგალითზე (სურ. 1). როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ანგარიში ჯერ სრულდება შენობის ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებში, სტატიკურ დატვირთვებზე (სურ. 2, 3).

simple2.13d

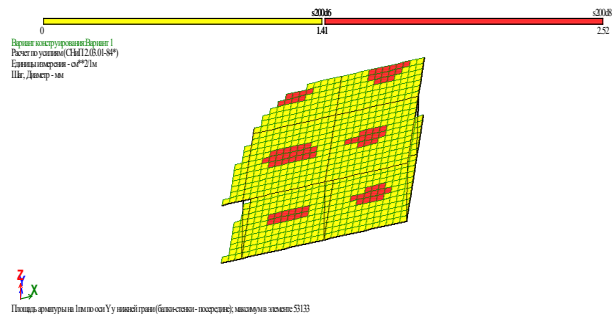


სურ. 1. ნაგებობის საანგარიშო სქემა

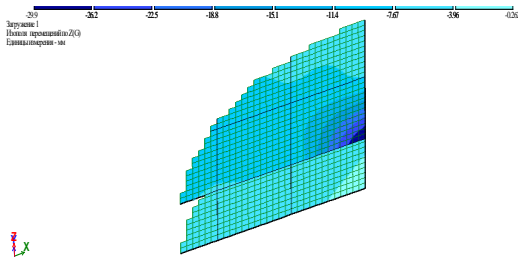
როგორც გაანგარიშების შედეგებიდან ჩანს, პროგრესირებად რღვევაზე (ანგარიშიდან ერთი განაპირა კოლონის გამორიცხვა) გაანგარიშების შემდეგ იცვლება ნაგებობის როგორც დეფორმირებული სქემა ისე გადახურვის ფილებში არმირების სურათი (სურ. 4,5). არმირება იცვლება ასევე გამორიცხული კოლონის მიმდებარე რიგელებსა და სვეტებში. მასთან იცვლება რიგელის მუშაობის სქემაც, იგი ორი მხრიდან ხისტად ჩამაგრებულის ნაცვლად შეიძლება გადაიქცეს ან კონსოლურ ან უჭრ კოჭად.



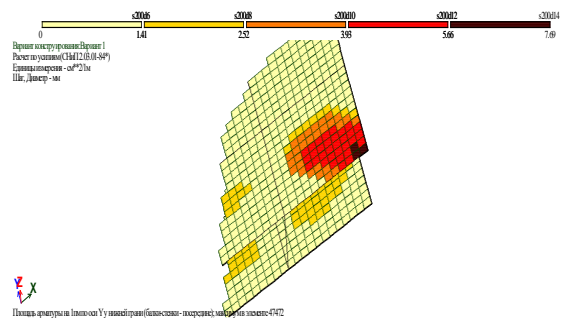
სურ. 2. სტატიკურ ზემოქმედებაზე ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებში დეფორმირებული სქემა



სურ. 3. არმირება გადახურვის ფილაში ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებში



სურ. 4. სტატიკურ ზემოქმედებაზე კოლონის გამორიცხვის შემდეგ დეფორმირებული სქემა



სურ. 5 არმირება გადახურვის ფილაში კოლონის გამორიცხვის შემდეგ

ამრიგად, შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ მზიდი ელემენტების ნაწილის მუშაობიდან გამორიცხვის შედეგად იცვლება მიმდებარე ელემენტის საანგარიშო სქემა, იცვლება ანგარიშიდან გამორიცხული ელემენტის მიმდებარე ელემენტებში არმირების პრინციპი. პროგრესირებად რღვევაზე ანგარიში საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს შენობაში შედარებით სუსტი ადგილები. მიზანშეწონილია საპასუხისმგებლო შენობა-ნაგებობების ექსპლოატაციის უსაფრთხოების გაზრდის მიზნით, პროექტირების დროს გათვალისწინებული იქნას პროგრესირებადი რღვევა და მაღლივი შენობების გაანგარიშების დროს, ქართულ ნორმებში გათვალისწინებული იქნას პროგრესირებადი რღვევა.

ლიტერატურა

1. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. -М., 2005.
2. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. -М., 2008.
3. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. -Киев, Сталь, 2002, 600 с.
4. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. -М., 2006.

SUMMARY

THE PROBLEMS OF CALCULATION OF TOWER BUILDINGS ON PROGRESSIVE DEMOLITION

Zambakhidze L.I., Urushadze I.V., Nebieridze N.V. and Tsakadze A.V.

Georgian Technical University

The problems of increase of safe operation of tower buildings on progressive demolition are considered.

Keywords: progressive demolition, local damage, durability, safe operation, bearing construction.

ბეტონის დასველება-შრობის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება

ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., რუხაძე თ.ა.,
ტყემალაძე ლ.ვ., ქარქუსაშვილი ნ.დ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი
შპს „მიქსორი“

დასველება-შრობის ციკლების ბეტონზე ზემოქმედების დადგენა, ძირითადად, ხორციელდება ლაბორატორიულ პირობებში. დღეისთვის ლაბორატორიული მეთოდის სტანდარტი არ არსებობს. გამოიყენება ცალკეული მეთოდი, რომელიც საკმაოდ ცდომილებასთან არის დაკავშირებული. მეთოდები ერთმანეთისგან განსხვავდება დასველება-შრობის ტემპერატურით, ციკლების პერიოდით, რაოდენობით და სხვა. მიღებულია გარკვეული შედეგი, რომელიც, ძირითადად, გამოიყენება, კონკრეტული, საინჟინრო ამოცანის გადაჭრის საქმეში.

დასველება-შრობის ციკლების ზეგავლენის ლაბორატორიული მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესების დასაბუთების მიზნით შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი.

დასველება-შრობის ციკლების ბეტონზე ზემოქმედების შედეგად ხორციელდება ბეტონის ფიტვადობა. ფიტვადობა იწვევს ბეტონის ხანმედგობის დაქვეითებას, რაც შენობა-ნაგებობათა უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის შემცირების მიზეზია. ვადის გახანგრძლივების გამო ხდება შენობა ნაგებობათა კონსტრუქციული ელემენტის, ან მთელი კონსტრუქციის აღდგენა-რეკონსტრუქცია. ამგვარად იზრდება საექსპლოატაციო ხარჯები და უარესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა სამშენებლო ნარჩენების განთავსების გამო.

დასველება-შრობის მეთოდის გაუმჯობესება ხელს შეუწყობს, გამოფიტვის მექანიზმის შემუშავებას, გაყინვა-ლხობის არსებული მეთოდის გაუმჯობესებას, ბეტონის ფიტვადობის, ხანმედგობის დადგენის სიზუსტის ამაღლებას, ლაბორატორიული სტანდარტის შემუშავებას, შენობა ნაგებობათა უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის გაზრდას და სხვა.

ამიტომ დასველება-შრობის ციკლების ბეტონზე ზეგავლენის ლაბორატორიული მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება ერთ-ერთ თანამედროვე, სამეცნიერო-პრაქტიკულ, აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

ცემენტის შერეული, თხევადი, სპეციალური სამშენებლო ნარევი განკუთვნილია დიდი ბრიტანეთის დაბალ აქტიური და საშუალო დონის რადიაქტური ნარჩენების ჰერმენტიზაციისთვის, მაგრამ უცნობია მათი ვარგისიანობა ხანგრძლივი გამოყენების დროს. ამიტომ დასველება-შრობის აჩქარებული ციკლების მეთოდი შეიძლება იყოს სასარგებლო ინსტრუმენტი მოცულობის ცვლილების, შესაძლო გაბზარვის და ხანმედგობის პროგნოზირების საქმეში [1].

კლევის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ბეტონის ნიმუშის ზომა და შრობის პირობები. ჩვეულებრივი ბეტონის შრობა 50 % ფარდობითი ტენიანობის-პირობებში ზემოქმედებას ახდენს ბეტონის 7-8 სმ-ის სიღრმეზე ერთი თვის განმავლობაში. შედგომი ზემოქმედება მნიშვნელოვანი იქნება თხელი ბეტონის ელემენტებისთვის, მასიური ელემენტებისთვის იგი ზემოქმედებას ვერ მოახდენს [2].

ცემენტის და გრუნტის ნარევის დასველება-შრობის აჩქარებული მეთოდის განხორციელების მიზნით დამზადდა სპეციალური რეზერვუარი, რომელსაც გააჩნია დასველება-შრობის რეჟიმის ავტომატური მაკონტროლებელი მოწყობილობა. რეზერვუარი ივსება წყლით და ხდება ნიმუშების დასველება 15 სთ-ს განმავლობაში. შემდეგ რეზერვუარი იცლება და ხდება ნიმუშების შრობა 45 °C ტემპერატურის ჰაერის მიწოდებით რეზერვუარში 9 სთ-ის განმავლობაში. ამგვარად, ერთი ციკლის პერიოდი შეადგენს 24 სთ. ციკლის რაოდენობა შეადგენს 7; 11; 14 და 18-ს. ნიმუშის საწყისი და ყოველი ციკლის შემდეგ სიგრძის ცვლილების დადგენა სტანდარტის [3] საფუძველზე ხორციელდება ფორმულა 1-ისგამოყენებით [1].

$$L = ((L_x - L_i) \times 100) / L_i, \%$$

(1)

სადაც: L – სიგრძის ცვლილება, %; L_x – ნიმუშის სიგრძე X ასაკში, სმ; L_i – ნიმუშის საწყისი სიგრძე, სმ. დადებითი რიცხვი ნიმუშის დაგრძელებას, უარყოფითი კლებას ნიშნავს [1].

ნაშრომში [4] წარმოდგენილია მინის ბოჭკოთი არმირებული პოლიმერის ცდა გაჭიმვაზე და დასველება-შრობაზე. მტკნარი და ზღვის წყლის იმიტაციის მიზნით გამოიყენება დისტილირებული და მარილიანი წყალი. ცდის პროცედურა: დასველება 12 საათის განმავლობაში, შრობა ჰაერზე, ოთახის ტემპერატურაზე 12 საათის განმავლობაში. ამგვარად ციკლის ხანგრძლივობა შეადგენს 24 სთ-ს. ციკლის რაოდენობა შეადგენს 15; 30; 60; 90; 180; 360.

ნაშრომში [5] წამოდგენილია ბეტონის გამყარებული ნიმუშების დასველება-შრობის მეთოდის პროცედურა: დასველება, შრობა 3 დღე-ღამის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. ციკლის პერიოდი 6 დღე-ღამეს (144 სთ-ს), ხოლო ციკლის რაოდენობა 25 შეადგენს.

ნაშრომში [6] წარმოდგენილია ბეტონის ნიმუშების დასველება-შრობის მეთოდის პროცედურა: დასველება წყალში 28 °C-ზე 24 სთ-ის განმავლობაში, შრობა ღუმელში 70 ° C-ზე 24 სთ-ის განმავლობაში. ციკლის პერიოდი 48 სთ-ს, ხოლო რაოდენობა 60 შეადგენს.

სტანდარტში [7] წარმოდგენილია ქანის ნიმუშების დასველება-შრობის მეთოდის პროცედურა: დასველება წყალში ოთახის ტემპერატურაზე 12 სთ-ის განმავლობაში, შრობა ღუმელში 110 ° C-ზე 12 სთ-ის განმავლობაში. ციკლის პერიოდი 24 სთ-ს, ხოლო რაოდენობა 80 შეადგენს.

სტანდარტში [8] წამოდგენილია ქანის ნიმუშების დასველება-შრობის მეთოდის პროცედურა: დასველება წყალში 23 °C-ზე ტემპერატურაზე 16 სთ-ის განმავლობაში, შრობა ღუმელში 90 °C-ზე 8 სთ-ის განმავლობაში. ციკლის პერიოდი 24 სთ-ს, ხოლო რაოდენობა 30 შეადგენს.

სტანდარტში [9] წარმოდგენილია ცემენტის და გრუნტის ნარევისგან დამზადებული, დატკეპნილი ნიმუშების დასველება-შრობის მეთოდის პროცედურა: დასველება, სასმელ წყალში, ოთახის ტემპერატურაზე 5 სთ-ის განმავლობაში, შრობა ღუმელში 71 °C-ზე 43 სთ-ის განმავლობაში. ციკლის პერიოდი 48 სთ, ციკლის რაოდენობა 12. ბეტონის დასველება-შრობის ზემოქმედების პირობებში, წინასწარ წყალგაუღებელი ბეტონში, ტენიანობის შეღწევის სიღრმის კვლევის დროს გამოიყენება ანალიზური მიდგომა. შრობის დროს ტენიანობის გადატანა მოდელირდება, როგორც აორთქლება-დიფუზიის პროცესი, რომელსაც ახლავს მყისიერი აორთქლება მოძრავი სითხის და აირის საზღვარზე. მშრალი ბეტონის ზედაპირის დასველება აღიწერება კაპილარული აბსორბციით. დასველება-შრობის პერიოდში წყლის შეწოვის და დაკარგვის ბალანსზე დაყრდნობით იდენტიფიცირდება დასველება-შრობის დრო [10].

ჩვენს მიერ განხორციელდა ოთხი სახეობის ქანის გამოფიტვისადმი მდგრადობის დადგენა დასველება-შრობის სტანდარტში [8] წარმოდგენილი მეთოდის გამოყენებით. მეთოდის პროცედურა შემდეგია: დასველება 16 სთ 23 °C ტემპერატურაზე, შრობა 8 სთ 90 °C ტემპერატურაზე. სულ ჩატარდა 30 ციკლი.

მიმოხილვის ანალიზის საფუძველზე ცხრილში წარმოდგენილია დასველება-შრობის მეთოდის მახასიათებლები. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს დასველების ტემპერატურის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 22 °C, მაქსიმალური 28 °C, საშუალო მნიშვნელობა 24°C. შრობის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 22 °C, მაქსიმალური 110 °C, საშუალო მნიშვნელობა 62°C.

ციკლის ხანგრძლივობის მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 24 სთ-ს მაქსიმალური 144 სთ-ს, საშუალო მნიშვნელობა 48 სთ-ს. ანუ 2 დღე-ღამეს.

დასველება-შრობის მინიმალური რაოდენობა შეადგენს 7 ციკლს, მაქსიმალური 360 ციკლს, საშუალო 66 ციკლს.

ბეტონის გამოცდის დროს 24 სთ-ს/დღე-ღამის ხანგრძლივობის ციკლი ყველაზე მეტად გავრცელებულია და მისი რაოდენობა შეადგენს 15; 30; 60; 80; 90; 180 და 360 ციკლს/დღე-ღამეს. ქანის გამოცდის ციკლის ხანგრძლივობა 24 სთ-ს/დღე-ღამეს შეადგენს, ხოლო რაოდენობა დაახლოებით ერთ – ორნახევარ თვეს.

ცემენტის და გრუნტის ნარევის გამოცდის ციკლის ხანგრძლივობა 24-48სთ-ს/ 1-2 დღე-ღამეს შეადგენს, ხოლო რაოდენობა 7; 11; 12; 14; 18 დღე-ღამეს.

დასველება-შრობის მეთოდი, რომლის ციკლის ხანგრძლივობა ერთ-ორ დღე-ღამეს არ აღემატება, ხოლო რაოდენობა ერთ-ორ თვეს აჩქარებული მეთოდის სახელით არის ცნობილი.

დასველება-შრობის მეთოდის მახასიათებლები

	დასველება		შრობა		ხანგრძლივობა, სთ	რაოდენობა, ციკლი
	ტემპერატურა, გრადუსი (C)	დრო, სთ	ტემპერატურა, გრადუსი (C)	დრო, სთ		
ცემენტის და გრუნტის ნარევი	*	15	45	9	24	7; 11; 14; 18
ბეტონი	*	12	ოთახის	12	24	15; 30; 60; 90; 180; 360
ბეტონი	ოთახის	72	ოთახის	72	144	25
ბეტონი	28	24	70	24	48	60
ქანი	ოთახის	12	110	12	24	80
ქანი	23	16	90	8	24	30
ცემენტის და გრუნტის ნარევი	ოთახის	5	71	43	48	12

შენიშვნა: *- მითითებული არ არის

დამზადებულია 5 სახეობის ბეტონის ნარევი [11]. I. ჩვეულებრივი. შეიცავს ტრადიციულ ინგრედიენტს: ცემენტი, წყალი ქვიშა, მსხვილი შემესები 5 მმ-ის ზომის. სიმტკიცე კუმშვაზე შეადგენს 450 კგძ/სმ². II. ჩვეულებრივ ნარევს დამატებული ბაზალტის ბოჭკო. III. ჩვეულებრივ ნარევს დამატებული მსხვილი შემესები 5-10 მმ-ის ზომის. IV ჩვეულებრივ ნარევს დამატებული მსხვილი შემესები 5-10 მმ-ის და 10-20 მმ-ის ზომის. V. ჩვეულებრივ ნარევს დამატებული ბაზალტის ბოჭკო და მსხვილი შემესები 5-10 მმ-ის და 10-20 მმ-ის ზომის.

ნიმუშების ჩასხმა ხორციელდება სტანდარტული კუბის ფორმის 15×15×15 სმ ზომის და 2,54×2,54×25,4 სმ ზომის ძელაკის ფორმის ყალიბებში სტანდარტის [12-13] საფუძველზე.

ნიმუშის დასველება-შრობის ციკლების ჩატარების და სიგრძის ცვლილების დადგენის პროცედურა.

1. შრობა 38 °C 36 სთ-ის განმავლობაში, გაზომვა და საწყისი სიგრძის დაფიქსირება;

2. დასველება: ტემპერატურა 24 °C, ხანგრძლივობა 36 სთ;

3. შრობა: ტემპერატურა 38 °C, ხანგრძლივობა 36 სთ;

4. ერთი ციკლის ხანგრძლივობა 72 სთ/;

5. ციკლის რაოდენობა 60 ციკლი;

6. ციკლების ხანგრძლივობა 4320 სთ (დაახლოებით 6 თვე).

ნიმუშების სიგრძის გაზომვა ყოველი 3; 5; 7; 10; 15; 22; 30; 40; 50; 60 შრობის ციკლის შემდეგ, სიგრძის დაფიქსირება და სიგრძის ცვლილების გაანგარიშება.

ჩატარებული სამუშაოების შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დღეისთვის დასველება-შრობის ციკლების ბეტონის თვისებებზე ზემოქმედების დადგენის სტანდარტული მეთოდი არ არსებობს; გამოიყენება კონკრეტული საინჟინრო ამოცანის გადაჭრის მეთოდი, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავებულია და საჭიროებს შედეგების სიზუსტის ამაღლებას; დასველება-შრობის ციკლების ბეტონზე ზეგავლენის ლაბორატორიული მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება თანამედროვე, აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

წარმოდგენილი მეთოდიკა შემუშავებულია ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვის და გამოცდილების საფუძველზე; მეთოდიკის გამოყენებით განხორციელდება სხვადასხვა ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ბეტონების ნიმუშების გამოცდა და მიღებული შედეგების ანალიზი რაც გარკვეულ წვლილს შეიტანს დასველება-შრობის ლაბორატორიული, აქტუალური, მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესების საქმეში.

ლიტერატურა

1. Paulo H. R. Borges, Neil B. Milestone, and Cyril J. Lynsdale volume changes, cracking and durability of cement grouts subjected to accelerated wetting and drying cycles. <http://demo.webdefy.com/rilem-new/wp-content/uploads/2016/10/pro052-026.pdf>
2. Factors affected durability of concrete <https://theconstructor.org/concrete/durability-of-concrete/1115/>.
3. ASTM 490-93A, Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar and Concrete,].
4. Mengting Li, Jun Wang, Weiqing Liu, Ruifeng Liang, Hota GangaRao, and Yang Li. Combined Effects of Sustained Loads and Wet-Dry Cycles on Durability of Glass Fiber Reinforced Polymer Composites <https://www.hindawi.com/journals/amse/2017/1532360/>.
5. Ashish K Gurav, K. B. Prakash, A Study of the Effect of Alternate Wetting and Drying on the Strength Properties of SIFCON Produced from Waste Coiled Steel Fibres. <https://www.nbmcmw.com/tech-articles/others-article/20092-effect-of-alternate-wetting-and-drying-on-sifcon.html>.
6. Saad Issa Sarsam, Abeer AL-Rawi, Sura D. Tawfeek. Assessing the Impact of Cement Content and Type on the Durability of Roller Compacted Concrete Using NDT. <http://ijsrpub.com/uploads/papers/IJSRK/IJSRK-2014/Jan/IJSRK-13-217.pdf>
7. ASTM D5313 / D5313M - 12(2013) Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions.
8. CRD-C 169-97 Standard Test Method for Resistance of Rock to Wetting and Drying.
9. ASTM D 559 – 96 Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures))
10. Influential depth of moisture transport in concrete subject to drying-wetting cycles. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946509001413>.
11. ბალიაშვილი გ.ი., სარჯველაძე ნ.ვ., ქათამაძე ი.ი. თანამედროვე ბეტონის ნარევის დაპროექტების ძირითადი მოთხოვნები. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), № 2, 2017, გვ. 102-106.
12. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
13. ASTM C157 / C157M - 17 Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.

SUMMARY

CONCRETE WETTING-DRYING METHOD RESEARCH-IMPROVEMENT

Baliashvili G.I., Bezhanov F.Kh., Sardzhveladze N.V., Rukhadze T.A., Tkemaladze L.V. and Karkusashvili N.D.

LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

LTD “Mixori”

It is noted that there is no laboratory and standard method for determining the effect of concrete properties of wetting-drying. Several methods are used to solve specific engineering tasks with the accuracy of which results are not appropriate. The review and analysis of existing methods are presented. The topic of the article is relevant. The concrete method of conduction influence of wetting- drying on concrete has been developed. The presented material will contribute to the development of the standard method of impact on concrete properties of wetting and drying.

Keywords: concrete, wetting-drying.

კორელაციური დამოკიდებულება ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებების მახასიათებელთა მნიშვნელობას შორის

ბალიაშვილი გ.ი., ბუჯანოვი ფ.ს., სარჯველაძე ნ.ვ., რუსაძე თ.ა., ტყემლაძე ლ.ვ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

წარმოდგენილი თვისებების მახასიათებელთა მნიშვნელობები მიღებულია ჩვენს მიერ ბოლო წლებში ჩატარებული დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი ობიექტის მაგმური ქანების ლაბორატორიული კვლევების საფუძველზე [1-3]. სიმკვრივე, წყალშთანთქმა, მდგრადობა ნატრიუმის სულფატის ზემოქმედების, დინამიკური და სტატიკური დატვირთვის მიმართ ქანის ძირითადი თვისებების მახასიათებლებია.

ქანის საშუალო სიმკვრივე, წყალშთანთქმა, მდგრადობა ნატრიუმის სულფატის, დარტყმითი და სტატიკური დატვირთვის ზემოქმედების მიმართ

№	სიმკვრივე, გ/სმ ³	წყალშთანთქმა, %	მდგრადობა შემდეგი ფაქტორის ზემოქმედების მიმართ, მასის დანაკარგი, %		
			ნატრიუმის სულფატი	დინამიკური (ტვირთის თავისუფალი ვარდნით) დატვირთვა	სტატიკური (კუმშითი) დატვირთვა
1	2,671	1,243	8,1	10,5	9,3
2	2,651	1,488	8,4	11,2	9,9
3	2,697	1,515	8,4	10,6	9,4
4	2,835	0,321	8,4	10,0	9,2
5	3,028	0,178	8,8	6,2	10,5
6	2,66	0,660	8,0	10,7	7,9
7	2,701	0,300	8,0	10,1	9,1
8	2,627	0,710	8,2	10,9	9,7
9	2,582	0,820	9,3	11,7	11,2
10	2,778	0,540	7,9	10,0	8,8
11	2,552	3,150	10,7	38,2	25,5
12	2,53	2,050	11,4	39,7	31,5
13	2,726	0,390	8,2	10,0	9,3
14	2,828	0,422	8,6	11,5	10,7
15	2,672	0,530	7,5	9,8	8,8
16	2,574	3,468	10,5	40,3	24,5
17	2,726	0,390	8,2	10,0	9,3
18	2,76	0,382	8,0	9,7	9,2
19	2,726	0,390	8,2	10,0	9,3
20	2,796	0,388	8,2	10,0	9,4
21	2,652	0,368	7,8	9,5	6,8
22	2,77	0,191	7,8	9,6	9,3
23	2,813	0,330	7,9	9,6	9,0
24	2,796	0,388	8,2	10,0	9,4
25	2,77	0,191	7,8	9,6	9,3
26	2,782	0,295	8,5	9,9	9,6
27	2,787	0,239	8,9	10,1	9,9
28	2,936	0,205	8,2	9,5	9,6
29	2,81	0,324	8,0	9,4	9,3
30	2,738	0,377	8,1	10,3	9,8

კორელაციური დამოკიდებულება საშუალებას იძლევა ქანის ერთი თვისების მახასიათებლის მნიშვნელობის ლაბორატორიულ პირობებში დადგენის გზით განხორციელდეს მასთან კორელაციურ დამოკიდებულებაში მყოფი მეორე (მესამე და ა.შ.) თვისების მახასიათებლის განსაზღვრა ცხრილის, გრაფიკის, ან ფორმულის გამოყენებით.

ქანების თვისებათა მახასიათებლების დადგენა კორელაციური დამოკიდებულების ხერხით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მყარი სასარგებლო წიაღისეულ საბადოთა საინჟინრო გეოლოგიური, ლაბორატორიული, საექსპლოატაციო, სამშენებლო, სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების დაგეგმვის და დაპროექტების დროს.

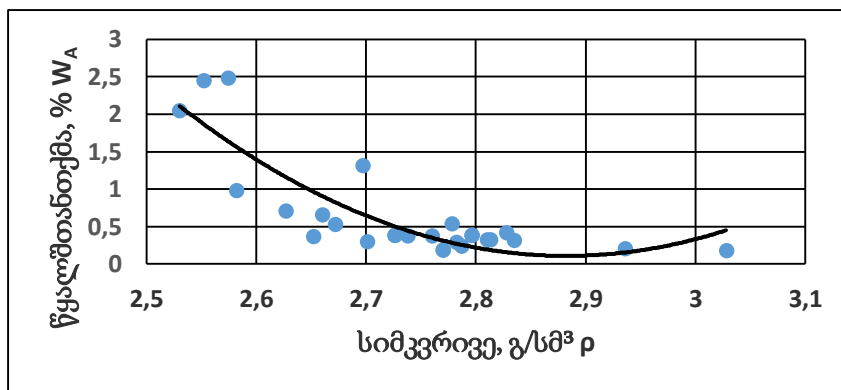
ამიტომ, სტატიის მიზანი თანამედროვე, სამეცნიერო-ტექნიკურ, აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს.

ქვემოთ წარმოდგენილია კორელაციურ დამოკიდებულებათა ფორმულები და გრაფიკები (ნახ. 1-4), რომლებიც მიღებული ცხრილის მონაცემების საფუძველზეა.

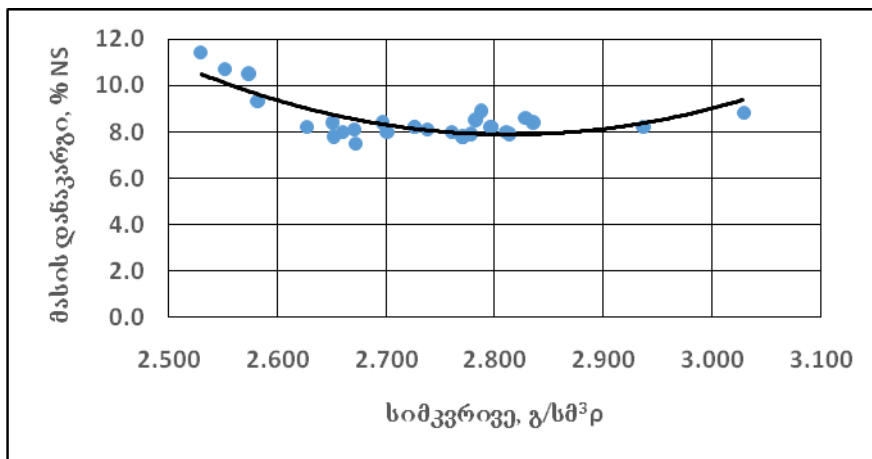
$$W_A = 16,106\rho^2 - 92,851\rho + 133,93, \% \quad R^2 = 0,73; NS = 32,52\rho^2 - 182,97\rho + 265,27, \% \quad R^2 = 0,68;$$

$$I_m = 180\rho^2 - 1024,4\rho + 1465,3, \% \quad R^2 = 0,67; St = 181,85\rho^2 - 1028,3\rho + 1461,2, \% \quad R^2 = 0,63.$$

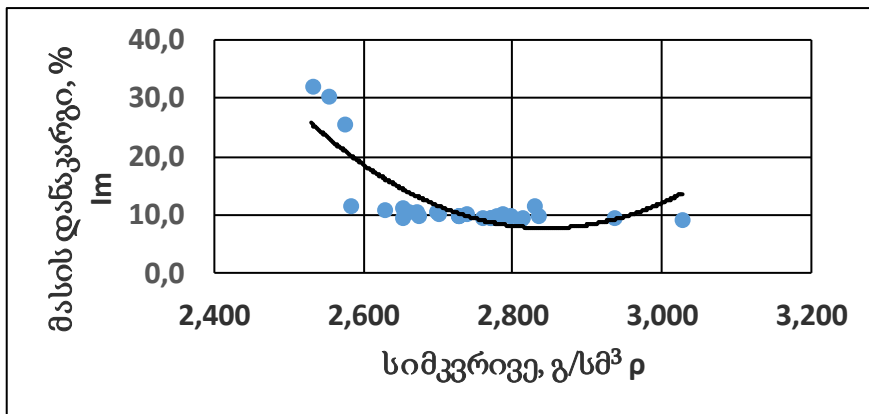
სადაც: W_A – წყალშთანთქმა; %; ρ – სიმკვრივე, გ/სმ³; R – კორელაციის კოეფიციენტი; მასის დანაკარგი: NS – ნატრიუმის სულფატის, I_m – ტვირთის თავისუფალი ვარდნის, St სტატიკური (კუმშვითი) დატვირთვის ზემოქმედების შედეგად.



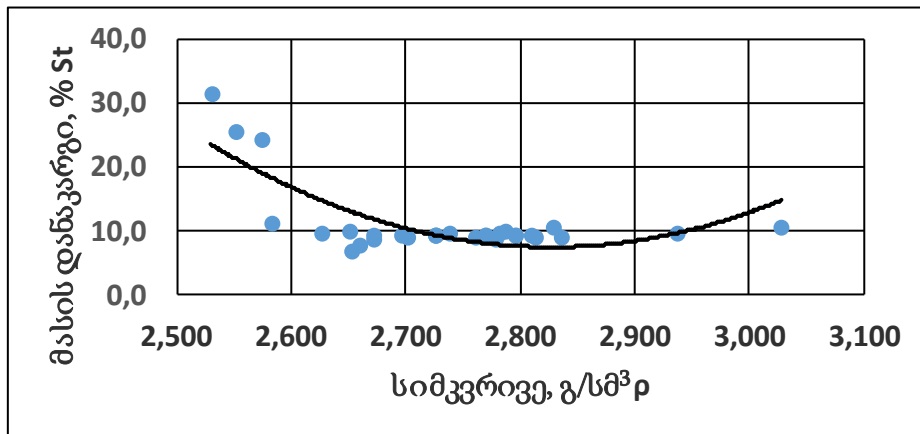
ნახ. 1. სიმკვრივესა და წყალშთანთქმას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 2. სიმკვრივის და ნატრიუმის სულფატის ზემოქმედების შედეგად მასის დანაკარგს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 3. სიმკვრივის და დინამიკური (ტვირთის თავისუფალი ვარდნის) დატვირთვის ზემოქმედების შედეგად მასის დანაკარგს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 4. სიმკვრივის და სტატიკური (კუმშივითი) დატვირთვის ზემოქმედების შედეგად მასის დანაკარგს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

ანალიზის საფუძველზე შეიძლება შემდეგი დასკვნის გაკეთება:

1. დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი ობიექტის მაგმური ქანების სიმკვრივის და წყალშთანთქმის, ნატრიუმის სულფატის ზემოქმედების, დინამიკური და სტატიკური დატვირთვის მიმართ მდგრადობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი არაწრფივია.
2. კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0,63-დან 0,73-მდე იცვლება.
3. წარმოდგენილი კორელაციური დამოკიდებულების გამოყენება შესაძლებელია, კარგია მაგმური ქანების წყლის, აგრესიულ გარემოში, მექანიკური ზემოქმედების პირობებში გამოყენების სამუშაოების ტექნიკური დავალება-პროგრამის, პროექტის შედგენის დროს და სხვა საქმიანობაში.

ლიტერატურა

1. ASTM D6473 - 15 Standard Test Method For Specific Gravity And Absorption of Rock For Erosion Control.
2. BS 812-112 Testing aggregates - Part 112: Methods for determination of Aggregate impact value (AIV).
3. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

SUMMARY

CORRELATION DEPENDENCE BETWEEN THE CHARACTERISTICS OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS

Baliashvili G.I., Bezhanov F.Kh., Sardzhveladze N.V., Rukhadze T.A. and Tkemaladze L.V.

LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

Formulas, graphs and tables of correlation dependence between the properties of magmatic rocks of the western regions of Georgia are represented. It is noted, that the dependence between rocks, specific gravity, absorption, sodium sulfate, free drop weight and the of static peer pressure influence the graph is nonlinear. The value of the correlation coefficient is 0.63-0.73. The use of the article material is useful when exploring, using and developing of projects of magmatic rocks.

Keywords: magmatic rocks, statistic and dynamic load, correlation dependence.

ბეტონის თვისებებზე დასველება-შრობის ციკლების ზეგავლენის
მიმოხილვა და ანალიზი

ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., რუხაძე თ.ა.,
ტყემალაძე ლ.გ., ქარქუსაშვილი ნ.დ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი
შპს „მიქსორი“

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენს თანამედროვე, უნივერსალური სამშენებლო მასალა ბეტონი, რომელიც ფართოდ გამოყენება განსაკუთრებით თავდაცვით და რადიაციული ნარჩენების საიზოლაციო შენობა-ნაგებობებში.

ბეტონის ერთ-ერთ ძირითად თვისებას წარმოადგენს ხანმედევობა. ხანმედევობა ბეტონზე სხვადასხვა ბუნებრივი და ქიმიური აგენტების ზემოქმედების მიმართ გამკლავების ფუნქციას ასრულებს. სათანადო მნიშვნელობის ხანმედევობის ბეტონი უზრუნველყოფს შენობა-ნაგებობათა უსაფრთხო, იაფ და ხანგრძლივ ექსპლოატაციას.

ბეტონის ხანმედევობის შემცირების მიზეზს წარმოადგენს ფიტვადობა, რომელიც, ძირითადად, დასველება-შრობის ციკლების ზეგავლენით ხორციელდება. იგი გამოწვეულია წვიმის, თოვლის დნობით, მოქცევითი ტალღების, წყლის დონის ცვალებადობით და მზის ტემპერატურის ციკლების ზემოქმედებით.

ბეტონის დასველება-შრობის ციკლების ფიტვადობაზე ზემოქმედების დადგენის ლაბორატორიული სტანდარტი ჯერ-ჯერობით არ არსებობს. ამის მიზეზია დასველება-შრობის ციკლების ბეტონის ფიტვადობაზე ზეგავლენის სრულყოფილი მექანიზმის არ არსებობა, ბეტონის არაერთგავროვნობა, გამოფიტვის დასველება-შრობის მეთოდის დადგენის ლაბორატორიული პირობების ბუნებრივ პირობებთან შესაბამისობის საკითხის გაურკვეველობა და სხვა.

ამჟამად გამოყენებული ბეტონის დასველება-შრობის მეთოდები ერთმანეთისგან განსხვავდება დასველება-შრობის ტემპერატურით, ციკლების პერიოდით, რაოდენობით და სხვა. არსებობს მათი ნაირსახეობა, რომელიც ძირითადად გამოიყენება კონკრეტული საინჟინრო ამოცანის გადაჭრის საქმეში.

დასველება-შრობის მეთოდის გაუმჯობესება ხელს შეუწყობს, გამოფიტვის მექანიზმის შემუშავება-გაუმჯობესებას, გაყინვა-ლხობის არსებული მეთოდის დახვეწას, ფიტვადობის, ხანმედევობის დადგენის სიზუსტის ამაღლებას, ლაბორატორიული სტანდარტის შემუშავებას, შენობა ნაგებობათა უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის გაზრდას და სხვა.

ამიტომ ბეტონის დასველება-შრობის მეთოდის გაუმჯობესება ერთ-ერთ აქტუალურ, თანამედროვე, სამეცნიერო-პრაქტიკულ, საკითხს წარმოადგენს.

ბეტონის ხანმედევობა, ძირითადად წარმოადგენს გამოფიტვის, ქიმიური ზემოქმედების, აბრაზიული ცვეთის და სხვა დეგრადაციის გამომწვევი პროცესების ზემოქმედების გამკლავების უნარს [1].

ბეტონის ზედაპირიდან წყლის სწრაფად აორთქლდება იწვევს ბეტონის კლებას. ამ დროს წარმოიქმნება სხვადასხვა სიღრმის წვრილი ბზარები. პროცესი ინტენსიურია პლასტიკურ,

გამტკიცების ფაზაში მყოფ ბეტონში. ადგილი აქვს პლასტიკური კლების ბზარწარმოქმნას. დასველება-შრობის ზემოქმედებით ბეტონის მოცულობის უმნიშვნელო ცვლილება შეიძლება სხვადასხვა მიზეზით იყოს გამოწვეული. მათგან ყველაზე გავრცელებულია ტენიანობის და ტემპერატურის ცვლა [2].

ბეტონის ხანმედევობის გაზრდის საფუძველზე ხორციელდება კონსტრუქციული ელემენტის რემონტსა და შეცვლაზე გაწეული ხარჯების შემცირება, სამშენებლო ნარჩენების შემცირების ბაზაზე გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესება, შენობა ნაგებობათა უსაფრთხო ექსპლოატაციის ვადის გაზრდა და სხვა.

კლების მნიშვნელობა ცემენტის ცომისთვის, ზოგიერთ შემთხვევაში 0,40 %-ს აღემატება. კლებას ამცირებს ბეტონში მსხვილი შემესების რაოდენობის გაზრდა და სხვადასხვა სახეობის არმირების გამოყენება. ყველა გაშრობითი კლების აღდგენა არ ხდება. ჩვეულებრივი ბეტონის აღუდგენელი კლების რაოდენობა 30 %-დან 60 %-მდე შეადგენს კლების საერთო რაოდენობიდან. აქედან 30 % უფრო გავრცელებულია.

კლების აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ბეტონის ნიმუშის ზომა და შრობის პირობები. ჩვეულებრივი ბეტონის შრობა, 50 % ფარდობითი ტენიანობის პირობებში, ზემოქმედებას ახდენს ბეტონის 7-8 სმ-ის სიღრმეზე ერთი თვის განმავლობაში. შემდგომი ზემოქმედება მნიშვნელოვანი იქნება თხელი ბეტონის ელემენტებისთვის, მასიურისთვის იგი ზემოქმედებას ვერ მოახდენს [3].

ბეტონის ხანმედგობაზე ზემოქმედების ფაქტორები: ულტრაისფერი სხივები, გაყინვა-ლხობა, ქიმიური ნივთიერებები, ზღვის წყალი, ქლორიდები, ტუტოვან-კაჟმიწური რეაქცია, გამოყენების პირობები და სხვა [4,2].

გამოფიტვა წარმოადგენს ბეტონის თვისებების შემცირებას ბუნებრივი ძალების: ყინვა, წვიმა, მზე, ქარი ზემოქმედებით [5].

დასველება-შრობის ციკლები იწვევს ბეტონის გაფართოებას, კლებას, მოცულობის ცვლილებას, ბეტონის შიგნით გამჭიმავი ძაბვების, ბზარების წარმოქმნას და ბეტონის რღვევას [6].

დასველება-შრობის ციკლის ზემოქმედებით ცემენტის პასტის მოცულობის ცვლილებამ შეიძლება სამუდამოდ შეცვალოს მისი მიკროსტრუქტურა და გამოიწვიოს გაბზარვა. დასველება-შრობის აჩქარებული ციკლების მეთოდი შეიძლება იყოს სასარგებლო მოცულობის ცვლილების, შესაძლო გაბზარვის და ხანმედგობის პროგნოზირების საქმეში [7].

ბეტონის დასველება-შრობის ზემოქმედების პირობებში, წინასწარ წყალგაჟღენთილ ბეტონში, ტენიანობის შეღწევის სიღრმის კვლევის დროს გამოიყენება ანალიზური მიდგომა. შრობის დროს ტენიანობის გადატანა მოდელირდება, როგორც აორთქლება-დიფუზიის პროცესი, რომელსაც ახლავს მყისიერი აორთქლება მოძრავი სითხის და აირის საზღვარზე. მშრალი ბეტონის ზედაპირის დასველება ხასიათდება კაპილარული აბსორბციით. დასველება –შრობის პერიოდში წყლის შეწოვის და დაკარგვის ბალანსზე დაყრდნობით იდენტიფიცირდება დასველება-შრობის დრო [8].

წარმოდგენილი მასალის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

1. ბეტონის ხანმედგობა წარმოადგენს სხვადასხვა ბუნებრივი და ქიმიური აგენტების ზემოქმედების მიმართ, რღვევის გარეშე გამკლავების უნარს.
2. ბეტონის ფიტვადობა წარმოადგენს ხანმედგობის დაქვეითების მიზეზს.
3. ბეტონის ფიტვადობა გამოწვეულია დასველება-შრობის ციკლების ზეგავლენით. დასველება განპირობებულია წვიმით, თოვლის დნობით, წყლის დონის ცვალებადობით (წყალში ექსპლოატაციის დროს) და სხვა. შრობა გამოწვეულია მზის სხივების ზემოქმედებით.
4. დასველების-შრობის ციკლები იწვევს ბეტონის მოცულობის ცვალებადობას, გამჭიმავი ძაბვების წარმოქმნას და მათი მნიშვნელობის კრიტიკული ზღვრის გადაჭარბების შემთხვევაში ბეტონის რღვევას.
5. ბეტონის დასველება-შრობის ციკლების ფიტვადობაზე ზეგავლენის დადგენის ლაბორატორიული სტანდარტი, დღეისთვის არ არსებობს. გამოიყენება ცალკეული მეთოდი, რომელიც საჭიროებს დამუშავებას დაზუსტებას დახვეწას და ბოლოს სტანდარტული მეთოდის შემუშავებას.

ლიტერატურა

1. ACI 201.2R-01 Guide to Durable Concrete Reported by ACI Committee 201
2. Types and Causes of Concrete Deterioration. http://www.cement.org/docs/default-source/fc_concrete_technology/durability/is536-types-and-causes-of-concrete-deterioration.pdf?sfvrsn=4
3. Factors affected durability of concrete <https://theconstructor.org/concrete/durability-of-concrete/1115/>

4. Factors Related to Concrete Durability <http://www.cement.org/learn/concrete-technology/durability>
5. Weathering of concrete <http://www.concrete.org.uk/fingertips-nuggets.asp?cmd=display&id=517>
6. The effect of wetting and drying cycles on the durability performance of cement concrete. https://www.researchgate.net/post/What_is_the_effect_of_wetting_and_drying_cycles_on_the_durability_performance_of_cement_concrete
7. Paulo H. R. Borges, Neil B. Milestone, and Cyril J. Lynsdale volume changes, cracking and durability of cement grouts subjected to accelerated wetting and drying cycles <http://demo.webdefy.com/rilem-new/wp-content/uploads/2016/10/pro052-026.pdf>
8. Influential depth of moisture transport in concrete subject to drying–wetting cycles <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946509001413>

SUMMARY

OVERVIEW AND ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WETTING-DRYING CYCLES ON CONCRETE PROPERTIES

Baliashvili G.L., Bezhanov F.Kh., Sardzhveladze N.V., Rukhadze T.A., Tkemaladze L.V and Karkusashvili N.D.

**LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute
LTD “Mixori”**

It is noted that fitness is a factor of reducing concrete durability. It is caused by the influence of natural cycles of wetting-drying cycles. Cycles influence mechanism and determination laboratory method requires research and improvement. Review of literary publications about the topic is the basis of research. That's why the issue is actually. It is noted that the concrete slopes are caused by rain, snow melting, continuous and periodically in the water setting. Drying caused by sun rays. Determining the influence of such natural cycles concrete fitness is a difficult task. In the article, a step is taken to make a modest contribution to the solution of the task.

Keywords: concrete, wetting-drying cycles, durability.

ფოკუსური მანძილის გაზომვა წანაცვლების მეთოდით

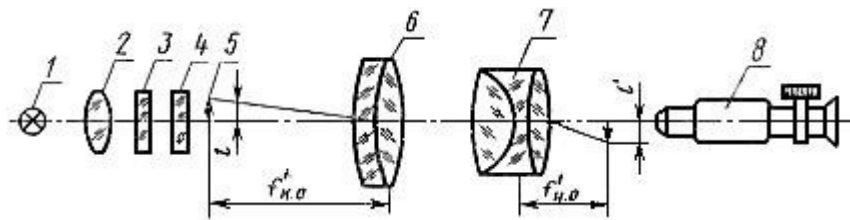
შალამბერიძე დ.მ, დოლიძე ს.გ., ავალიანი ა.ზ., ზარდიაშვილი დ.გ.

სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“

ფოკუსური მანძილი – ოპტიკური სისტემის მახასიათებელ, რომელიც განსაზღვრავს სისტემის ძირითად თვისებებს: გამადიდებლობა და კუთხური ველი. სფერული ზედაპირებისაგან შემდგარი ცენტრირებული ოპტიკური სისტემისათვის აღწერს შესაძლებლობას შეკრიბოს სხივები ერთ წერტილში, იმ პირობით, რომ ეს სხივები ვრცელდებიან უსასრულობიდან პარალელურ სხივთა კონის სახით ოპტიკური ღერძის პარალელურად.

ცნობილია ფოკუსური მანძილის გაზომვის მრავალი მეთოდი. მათ შორის: გამადიდებლობის მეთოდი; ფაბრი-იუდინის მეთოდი; კუთხის მზომი მეთოდი და სხვა.

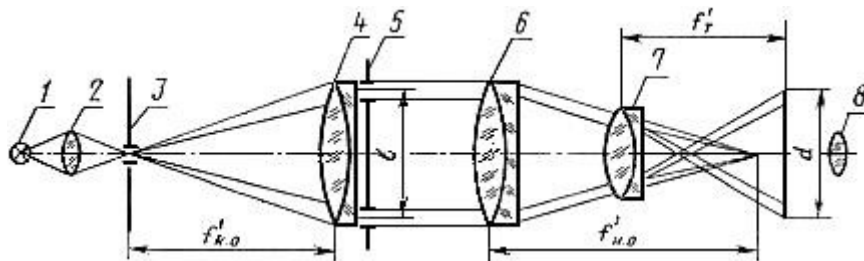
გამადიდებლობის მეთოდი [1-3] - დამყარებულია კოლიმატორის ობიექტივისა საცდელი ობიექტივისაგან შემდგარი სისტემის წრფივი გამადიდებლობის გაზომვაზე. ამ მეთოდისთვის საჭირო აპარატურა (ნახ.1):



ნახ.1. გამადიდებლობის მეთოდით ფოკუსური მანძილის გაზომვის სქემა

1. სინათლის წყარო; 2. კონდენსორი; 3. რძისფერი, გაუმჭვირვალი მინა; 4. ფილტრი;
5. შტრიხული სკალა; 6. კოლიმატორის ობიექტივი; 7. საცდელი ობიექტივი;
8. მიკროსკოპი ოკულარ-მიკრომეტრით.

ფაბრი-იუდინის მეთოდი [1] - დამყარებულია მაკონტროლებელ სისტემასა და სამზერ მილში გამავალი სინათლის ვიწრო კონების ორ კვალზე არაფოკალურ დაკვირვებასა და მათ შორის მანძილის გაზომვაზე. ამ მეთოდით გაზომვისათვის საჭირო აპარატურა (ნახ.2):

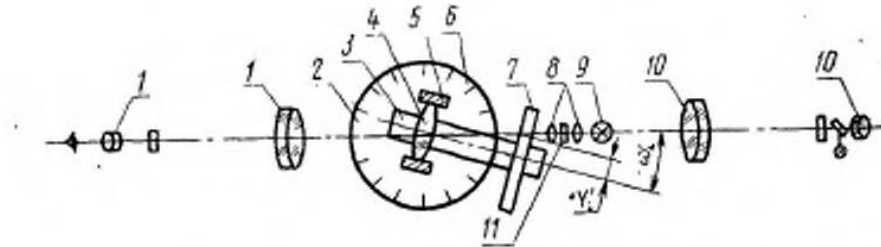


ნახ. 2. ფაბრი-იუდინის მეთოდით ფოკუსური მანძილის გაზომვის სქემა

1. სინათლის წყარო; 2. კონდენსორი; 3. კოლიმატორის ღერძი; 4. კოლიმატორის ობიექტივი;
5. დიაფრაგმა წვეილი ხვრელის ნაკრებით; 6. საცდელი ობიექტივი;
7. სამზერი მილის ობიექტივი; 8. ოკულარ-მიკრომეტრი.

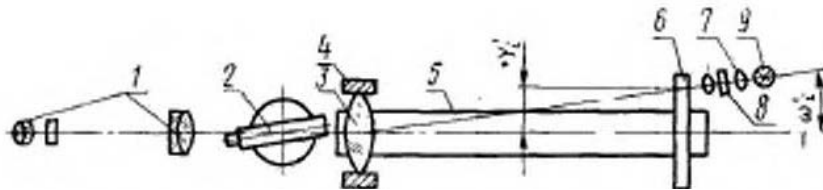
კუთხის მზომი მეთოდი – დამყარებულია იმ კუთხეთა გაზომვაზე, რა კუთხითაც მოსწანს ობიექტივის ფოკალურ სიბრტყეში განლაგებული სკალის გამოსახულება [1].

გაზომვები ტარდება იმ ორი დანადგარიდან ერთ-ერთზე, რომელთა ნახაზებიც მოცემულია ქვემოთ (ნახ.3 და ნახ.4):



ნახ. 3. კუთხის მზომი მეთოდით ფოკუსური მანძილის გაზომვის სქემა (ვარიანტი 1)

1. სამზერი მილი;
2. კუთხის მზომი მოწყობილობა;
3. გასწვრივი მიმმართველები;
4. საცდელი ობიექტივი;
5. მოსაბრუნებელი მოწყობილობა;
6. ობიექტივის დამწერი;
7. კონდენსორი;
8. სინათლის წყარო;
9. ავტოკოლიმაციური მილი;
11. სინათლის ფილტრი.

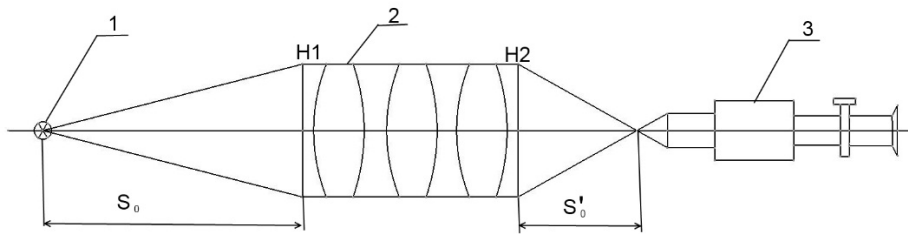


ნახ. 4. კუთხის მზომი მეთოდით ფოკუსური მანძილის გაზომვის სქემა (ვარიანტი 2)

1. დამხმარე სამზერი მილი;
2. თეოდოლიტი;
3. საცდელი ობიექტივი;
4. ობიექტივის დამწერი;
5. გასწვრივი მიმმართველები;
6. მზომი სკალა;
7. კონდენსორი;
8. შუქფილტრი;
9. სინათლის წყარო

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდი დამყარებულია წყაროსა (საგნის) და მისი ეკრანზე გამოსახულების რაიმე, ფიქსირებული (საწყისი) მდებარეობიდან (საიდანაც შემდგომ ვიღებთ ანათვლებს), გადანაცვლებების გაზომვებს, ანუ, საგნის საწყისი მდებარეობიდან წანაცვლების შედეგად გამოსახულების წანაცვლების გაზომვაზე. ასეთი მანიპულაციის ხელმეორედ ჩატარების შემდეგ, ანუ, საგნის სხვა სიდიდით წანაცვლების შედეგად მისი გამოსახულების წანაცვლების გაზომვის შემდეგ, ვღებულობთ სამ სამუცნობიან განტოლებათა სისტემას, სადაც უცნობი სიდიდეებია: საგნის საწყისი მდებარეობიდან საცდელი ობიექტივის წინა მთავარ ოპტიკურ წერტილამდე მანძილი, ასევე, მისი გამოსახულების საწყისი მდებარეობიდან ობიექტივის უკანა მთავარ ოპტიკურ წერტილამდე მანძილი, და საცდელი ობიექტივის ფოკუსური მანძილი.

ამ მეთოდით ფოკუსური მანძილის გაზომვისათვის საჭიროა შემდეგი აპარატურა (ნახ.5):



ნახ. 5. ჩვენს მიერ წარმოდგენილი გაზომვის მეთოდის პრინციპული სქემა

1. ოპტიკური სკამი; 2. სინათლის წყარო (საგანი); 3. საცდელი ობიექტივი;
4. ეკრანი (მიკროსკოპი)

S_0 – მანძილი საგნიდან ობიექტივის უკანა ფოკალურ სიბრტყემდე, ხოლო S_0^I მისი გამოსახულებისა წინა ფოკალურ სიბრტყემდე. მაშინ სამართლიანია ტოლობა

$$\frac{1}{S_0} + \frac{1}{S_0^I} = \frac{1}{F}$$

ცხადია ეს მანძილები არ ვიცით, მაგრამ ვიცით, რომ S_0 და S_0^I შეესაბამება საგნისა და მისი გამოსახულების ფიქსირებულ მდებარეობას, რომელსაც ჩვენ ჩვეულებით ათვლის წერტილებად. ამის შემდგომ ვასრულებთ საგნის ΔS_1 მანძილით გადაადგილებას, და შესაბამისად ვპოულობთ გამოსახულების ΔS_1^I გადაადგილებას. ამის შემდეგ კვლავ ვიმეორებთ იგივე პროცედურას და ვპოულობთ ΔS_2 და მის შესაბამის ΔS_2^I . ამგვარად ჩვენ გვაქვს ანათვლების ორი წყვილი: $(\Delta S_1; \Delta S_1^I)$ და $(\Delta S_2; \Delta S_2^I)$.

მივიღეთ სამუცნობიანი განტოლებათა სისტემა, სადაც უცნობებია S_0 , S_0^I და F .

$$\begin{cases} \frac{1}{S_0} + \frac{1}{S_0^I} = \frac{1}{F} & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{S_0 + \Delta S_1} + \frac{1}{S_0^I + \Delta S_1^I} = \frac{1}{F} & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{S_0 + \Delta S_2} + \frac{1}{S_0^I + \Delta S_2^I} = \frac{1}{F} & (3) \end{cases}$$

სისტემის ამოსახსნელად მოვახდინოთ (ჩავატაროთ) (1), (2), (3) ტოლობებზე შემდეგი მანიპულაციები:

$$(2) - (3) \rightarrow \frac{\Delta S_2 - \Delta S_1}{(S_0 + \Delta S_1)(S_0 + \Delta S_2)} = \frac{\Delta S_1^I - \Delta S_2^I}{(S_0^I + \Delta S_2^I)(S_0^I + \Delta S_1^I)} \quad (4)$$

$$(1) - (3) \rightarrow \frac{\Delta S_2}{S_0(S_0 + \Delta S_2)} = \frac{\Delta S_2^I}{S_0^I(S_0^I + \Delta S_2^I)} \quad (5)$$

$$(1) - (2) \rightarrow \frac{\Delta S_1}{S_0(S_0 + \Delta S_1)} = -\frac{\Delta S_2^I}{S_0^I(S_0^I + \Delta S_1^I)} \quad (6)$$

$$\frac{(4)}{(5) \times (6)} \rightarrow \frac{\Delta S_2 - \Delta S_1}{\Delta S_2 \times \Delta S_1} \times S_0^2 = \frac{\Delta S_1^1 - \Delta S_2^1}{\Delta S_1^1 \times \Delta S_2^1} \times S_0^{1^2}$$

$$\frac{1}{\Delta S_1} - \frac{1}{\Delta S_2} \times S_0^2 = \frac{1}{\Delta S_2^1} - \frac{1}{\Delta S_1^1} \times S_0^{1^2}$$

$$\frac{S_0^1}{S_0} = \left(\frac{\Delta S_1^{-1} - \Delta S_2^{-1}}{\Delta S_2^{1^{-1}} - \Delta S_1^{1^{-1}}} \right)^{\frac{1}{2}} = K$$

$$\frac{(6)}{(5)} \rightarrow \frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} \times \frac{S_0 + \Delta S_2}{S_0 + \Delta S_1} = \frac{\Delta S_1^1}{\Delta S_2^1} \times \frac{S_0^1 + \Delta S_2^1}{S_0^1 + \Delta S_1^1} \quad (7)$$

$$(4) \times (7) \rightarrow \frac{\Delta S_1 (\Delta S_2 - \Delta S_1)}{\Delta S_2 (S_0 + \Delta S_1)^2} = \frac{\Delta S_1^1}{\Delta S_2^1 - \Delta S_1^1} \times \frac{\Delta S_1^1 - \Delta S_2^1}{(S_0^1 - \Delta S_1^1)^2} \quad (8)$$

$$(8) \rightarrow \frac{S_0^1 + \Delta S_1^1}{S_0 + \Delta S_1} = \sqrt{\frac{\Delta S_2 \times \Delta S_1^1 (\Delta S_1^1 - \Delta S_2^1)}{\Delta S_1^1 \times \Delta S_2^1 (\Delta S_2 - \Delta S_1)}} = -\frac{\Delta S_2^1}{\Delta S_1} \times K^{-1}$$

$$S_0^1 = K \times S_0 \quad S_0^1 + \Delta S_1^1 = -\frac{\Delta S_2^1}{\Delta S_1 \times K} (S_0 + \Delta S_1^1)$$

$$(1) \Rightarrow F = -\frac{K \times \Delta S_1^1 \times \Delta S_1^1}{\Delta S_1^1 + K^2 \times \Delta S_1}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{K}{\Delta S_1^1} + \frac{1}{\Delta S_1 \times K}$$

მიღებულ ფორმულაში შემავალი ცვლადები იზომება საგნის ოპტიკურ დერძზე წანაცვლებისას და მიღებული შედეგები ექსპერიმენტულად დასტურდება 1,5%-ის სიზუსტით.

ლიტერატურა

- ГОСТ 13095 – 82. Методы измерения фокусного расстояния.
- Справочник технолога-оптика. Под редакцией М.А. Окатова. -Санкт-Петербург, Политехника, 2004, 429 с.
- М.Н. Семибратова. Технология оптических деталей. - М.: Машиностроение, 1985, 101 с.

SUMMARY

MEASUREMENT OF FOCAL LENGTH BY DISPLAYCEMENT METHOD

Shalamberidze D.M., Dolidze S.V., Avaliani A.Z. and Zardiashvili D.G.

LEPL Institute OPTICA

The work presented is about measuring focal length of an optical system. As is known, numerous methods can be used to measure the mentioned parameter. Our method stands out because of its simplicity. Low number of tools needed to utilize the method, which are: the optical system, an optical table, a light source, and a microscope, greatly simplify the measurement procedure. The measurement consists of recording three different locations of an object and its image.

Keywords: optical system, method, focus.

ბანახლებადი ენერჯის ბამოქმენბის მიზნები ღა ტრამქტორიები

ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., არაბიძე ნ.ო., გრიგალაშვილი ა.შ., ფანცხავა ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2014 წლის ივნისში, ევროკავშირ-საქართველოს შორის ხელი მოეწერა ასოცირების შეთანხმებას, რომელიც ძალაში 2016 წლის 1 ივლისს შევიდა. ეს დოკუმენტი ღრმა და ყოვლისმომცველი თავისუფალი სავაჭრო სივრცის (DCFTA) შეთანხმებასთან ერთად, საქართველოს ევროკავშირთან გრძელვადიან პოლიტიკურ და ეკონომიკურ ინტეგრირების პროცესს უყრის საფუძველს. საქართველო ენერგეტიკულ გაერთიანებას ხელშემკვრელი მხარის სტატუსით შეუერთდა. ენერგეტიკული გაერთიანების ხელშემკვრელების განხორციელება ენერგობაზრის ტრანსფორმაციას შეუწყობს ხელს, რასაც განახლებადი ენერჯების განვითარებაზე პირდაპირი და ირიბი ზეგავლენა ექნება.

როგორც ენერგეტიკული გაერთიანების მხარე საქართველო სამუშაო პროგრამის თანახმად ევროკავშირის დირექტივების დებულებების შესრულებას და გაზიარებას გეგმავს. სწორედ ამიტომ დღის წესრიგში დადგა განახლებადი ენერჯების ეროვნული სამოქმედო გეგმის (NREAP) წარდგენა [1].

საქართველოს ენერჯის სტრატეგია აქტიური განვითარების ფაზაში იმყოფება, ხოლო რეფორმები ძირითადად განპირობებულია ევროკავშირთან ხელმოწერილი ასოცირების შეთანხმებით და ქვეყნის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში წევრობით. ასოცირების შეთანხმების ძალით, საქართველომ ენერგეტიკულ სექტორში ევროკავშირის დირექტივების განხორციელების შესრულების ვალდებულება აიღო. ამ რეფორმების პრიორიტეტს ბიზნეს საქმიანობის ხელშეწყობისთვის დერეგულაციასთან ერთად, საკანონმდებლო და მარეგულირებელი ჩარჩოს გაძლიერება წარმოადგენს, რაც მძლავრ ეკონომიკურ ზრდას შეუწყობს ხელს [1].

ამავდროულად, საქართველოს ხელისუფლება მუშაობს ქვეყნის განახლებადი რესურსებით დაკმაყოფილების გაუმჯობესების მიმართულებით, კერძოდ ადგილობრივი ალტერნატიული ენერგეტიკული წყაროების გამოყენებაზე, რაც თავის მხრივ იმპორტზე დამოკიდებულებას შეამცირებს. ენერგეტიკული პოლიტიკის მთავარი პრიორიტეტია საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალური გამოყენებით მომხმარებლის ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნის სრული დაკმაყოფილება, საწყის ეტაპზე იმპორტთან ერთად, ხოლო შემდგომ იმპორტის ადგილობრივი თბოელექტროსადგურებით ჩანაცვლებით. გარდა ამისა, საქართველოს ადგილობრივი ბუნებრივი განახლებადი ენერგეტიკული წყაროები, როგორცაა: ქარი, მზე, გეოთერმული წყლები საქართველოს ენერჯის სექტორის განვითარების მთავარ მიმართულებად იქცა [2].

საქართველოს 2018 წლის ენერჯობადასის თანახმად, ქვეყნის ენერჯობადასში განახლებად ენერჯებს 57% უკავია, 27% მთლიან პირველად ენერჯობადასში (TPES), სადაც ჰიდროს წილი 16%-ია, ბიოსაწვავი (ძირითადად ხე-ტყე) და ნარჩენები 10% და გეოთერმული და მზე და სხვა 0,4%. ეს მაჩვენებელი 2013–2015 წლების მონაცემების მსგავსია. უნდა აღინიშნოს, რომ ბიომასას, უმეტესად შეშას პირველად ენერჯობადასში მთავარი წილი უკავია, რაც ტყის დეგრადირების ზრდას უწყობს ხელს. აღსანიშნავია, რომ 2016 წლის მიწურულს ქარის რესურსების გამოყენებით ენერჯობადასში უზრუნველყოფა დაიწყო.

საქართველოს ქარის, მზის, გეოთერმული და განსაკუთრებით ჰიდრო რესურსების უდიდესი აუთვისებელი პოტენციალი გააჩნია.

ჩვენ ქვეყანაში 2018 წელს სულ წარმოებული იქნა 11531,2 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერჯია, სადაც 80% ჰიდროენერჯიაზე მოდის. ამასთან, მას ყოველდღიურად ზრდის ტენდენცია აქვს. ბოლო თვრამეტი წლის განმავლობაში (2000–2018წწ.) საქართველოში ჰიდროენერჯის გამომუშავება 512 ათ.ტ.პ.ს.-დან - 726,9 ათ. ტ.პ.ს.-მდე ანუ 42%-ით გაიზარდა [3].

საქართველოს ტერიტორიაზე დათვლილია 26060 მდინარე, რომელთა საერთო სიგრძე დაახლოებით 60 ათასი კმ-ია. საქართველოს მტკნარი წყლის საერთო მარაგი,

რომელიც შედგება მყინვარების, ტბების და წყალსაცავების წყლის მარაგებისგან, შეადგენს 96,5 კბს-ს. მდინარეთა საერთო რაოდენობიდან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 300-მდე მდინარე, რომელთა წლიური ჯამური პოტენციური სიმძლავრე 15,550 მეგავატის ექვივალენტურია, ხოლო საშუალო წლიური ენერჯია – 50 მლრდ კვტ. საათის ექვივალენტური. თუმცა, სამწუხაროდ, დღესდღეობით ქვეყნის მთლიანი პოტენციალის დაახლოებით 20% არის ათვისებული, რაც 3000 მგვტ-ს შეადგენს. რა თქმა უნდა, ასეთი სტატისტიკა კიდევ ერთხელ ადასტურებს, რომ არსებული რესურსების ათვისება, ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

2012–2018 წ. ექსპლოატაციაში შევიდა 18 ჰიდროელექტროსადგური (საერთო დადგმული სიმძლავრე 572 მგვტ.სთ. ჯამური გენერაცია 2.5 მლრდ.კვტ.სთ.) [4].

ამჟამად მშენებლობისა და ლიცენზირების ეტაპზეა 35 ჰესის პროექტი, რომელთა საპროგნოზო ჯამური სიმძლავრე შეადგენს 1,436 მგვტ-ს, ხოლო ელექტროენერჯიის გამომუშავება შეფასებულია დაახლოებით 4,755 მლრდ.კვტ.სთ. სავარაუდო ინვესტიცია კი შეადგენს 2,5 მლრდ. აშშ. დოლარს [5].

გარდა ამისა, ჰიდროენერგეტიკის სექტორის განვითარებით დაინტერესებული ინვესტორები ატარებენ ტექნიკურ-ეკონომიკურ კვლევებს ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში, ჰესების მშენებლობისა და ოპერირების მიზნით. ამჟამად ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევები მზადდება 70 ჰესისთვის, რომელთა საპროგნოზო ჯამური დადგმული სიმძლავრე შეფასებულია დაახლოებით 1683,46 მგვტ-ით, 7987,89 მლრდ. კვტ.სთ-ით. საინვესტიციო მოცულობა კი, შეფასებულია დაახლოებით 3,5 მლრდ. აშშ. დოლარით.

საქართველოში ქარის საშუალო წლიური ელექტროენერჯიის გამომუშავების პოტენციალი განსაზღვრულია 4 ტერავატ საათით და 1,500 მეგავატი დადგმული სიმძლავრით. ქარის ენერჯიის გამოყენებით, ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე შესაძლებელია ათეულობით მილიარდი კვტ.სთ ელ-ენერჯიის წარმოება ყოველწლიურად. ამასთან, ენერჯიის მოდინების მაღალი ინტენსიობა რეგიონების უმეტეს ნაწილზე, სეზონურად ემთხვევა ჰიდრო და ჰელიო ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტის სეზონს. შესაბამისად, ქარის ელექტრო სადგურები ოპტიმალურად შეავსებს ჰესების სეზონურ დეფიციტს.

ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური მიზანშეწონილობის მხრივ, დადებითი მნიშვნელობით არის გამორჩეული იმერეთის მაღლობზე არსებული ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი. მაღლობზე შესაძლებელია დამონტაჟდეს 150 ერთეული 4,5 მგვტ. სიმძლავრის ქარის აგრევატი და წლიურად გამომუშავდეს 2,3 მილიარდ კვტ.სთ-ზე მეტი ენერჯია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ამ ენერჯიის 70% გამომუშავებული იქნება შემოდგომა-ზამთრის თვეებში. შესაბამისად, ეს ენერჯია წარმატებით ჩაანაცვლებს იმპორტირებულ გაზზე გამომუშავებულ ელ.ენერჯიას. კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია ენერგოსისტემაში ქარის სადგურების ჯამური 600-700 მგვტ. სიმძლავრის ინტეგრაციის ტექნიკური შესაძლებლობა [6].

ახლახანს განხორციელებული ჰიდრო-გეოლოგიური კვლევის თანახმად, საქართველოს გეოთერმული წყლების რეზერვები 250 მილიონი მ³-ია წელიწადში.

დღეისთვის 250-ზე მეტი რაოდენობის ბუნებრივი და ხელოვნური წყლის არხებია, სადაც გეოთერმული წყლების საშუალო ტემპერატურა მერყეობს 60–110 °C შორის, მაშინ როდესაც გამომუშავების მთლიანი პოტენციალის რაოდენობა შეადგენს 160,000 მ³ დღე-ღამის განმავლობაში.

საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობის გათვალისწინებით, მზის რადიაციის მაჩვენებელი შედარებით მაღალია. ქვეყნის რიგი რეგიონები წლიურად 250-280 მზიანი დღით ხასიათდება, რაც დაახლოებით წელიწადში 6,000–6,780 მზიურ საათს შეადგენს. წლიური მზის გამოსხივება რეგიონის სპეციფიკიდან გამომდინარე მერყეობს 1,250–1,800 კილოვატ საათს/მ² შორის.

მზის ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევის შედეგად დადგენილია:

მზის ენერჯიის გამოყენებით, საქართველოს რვა მუნიციპალიტეტში, შესაძლებელია აშენდეს მზის ელექტროსადგურები ჯამური სიმძლავრით 37 ათასი მგვტ. წლიური 41 მილიარდი კვტ.სთ ელ.ენერჯიის გამომუშავებით [2].

ელექტროენერჯის წარმოების გარდა, შესაძლებელია რომ მზის ენერჯით ჩანაცვლდეს სითბოთი და ცხელი წყლით მომარაგებისათვის გამოყენებული ტრადიციული ენერჯო მატარებლების 60% [3].

კვლევის შედეგად გამოვლენილი მთლიანი განახლებადი ენერჯეტიკული პოტენციალი სახეობების მიხედვით არის წარმოდგენილია ცხრილში.

განახლებადი ენერჯეტიკული რესურსების გამოვლენილი პოტენციალი საქართველოში

ენერჯეტიკული რესურსის სახეობა	კვლევის დონე	სიმძლავრე, მგტ	წლიური გენერაცია, მლნ.კვტ.სთ	სიმძ-ის ეფექტურობა, სთ/წელი	
ჰიდრო	დიდი ჰესები (100 მგვტ-ზე სიმძლავრის 10 პროექტი	წინარე საინჟ. კვლევა	2,603,00	9.075.00	3.486.36
	საშუალო (43 საშ. სიმძ. ჰესი	წინარე საინჟ. კვლევა	1,889,00	9.629.00	5.097.41
	მცირე (1251 მცირე. სიმძ. ჰესი	თეორიული კვლევა	3,729,00	19.471.00	5.221.51
	ჰიდრო მთლიანად		8.221.00	38.175.00	4.643.60
ქარის			12.500.00	50.000.00	4.000.00
მზის			38.000.00	43.903.00	1.155.34
განახლებადი ენერჯეტიკ. პოტენც. ჯამი			58.721.00	132.078.00	2.249.25

განახლებადი ენერჯეტიკული წყაროების ეფექტურმა გამოყენებამ შესაძლოა დამატებით 20 ტერავატ საათის გამომუშავება უზრუნველყოს ახლო მომავალში, რამაც შესაძლოა დაზოგოს დაახლოებით 7 მილიონი ტონა ჩვეულებრივი საწვავი. რეგიონალური მასშტაბით, განახლებადი ენერჯო რესურსების ათვისება, რომელზეც ზემოთ იქნა საუბარი, ქვეყანას შესაძლებლობას მისცემს შეამციროს წიაღისეული საწვავის გამოყენება და ატმოსფეროში სათბური გაზების ემისიები: კერძოდ, 9 მილიონი ტონა – CO₂; 5,000 ტონა – CO; და 44,000 ტონა – NO₂. საქართველოს განახლებადი ენერჯო რესურსების სრული გამოყენება, მნიშვნელოვნად წაადგება ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების შერბილების პროცესსაც.

2015 წელს საქართველოს მთავრობამ, ენერჯეტიკის სამინისტრომ დაამტკიცა და მიიღო სტრატეგიული დოკუმენტი „საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2015–2025“ – გარკვეულ დროით პერიოდზე გათვლილი პროგრამა, რომელიც ეროვნული გადამცემი სისტემის ინფრასტრუქტურის გაძლიერებისთვის შეიქმნა. დოკუმენტი ასახავს არსებულ პრობლემატიკას, პასუხობს სამომავლო გამოწვევებს და შესაძლებლობების განხორციელების ხელშემწყობია. დოკუმენტის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია განახლებადი ენერჯეტიკული წყაროების ინტეგრირება ქსელში, რომელიც ჯერ კიდევ რჩება მთავარ გამოწვევად ქარისა და მზის საშუალებით ელექტროენერჯის გამომუშავებისთვის.

ახლახანს გამოქვეყნდა ენერჯოეფექტურობის პირველი ეროვნული სამოქმედო გეგმის (ეეგს) სამუშაო ვერსია, რომელიც მოიცავს განახლებადი რესურსების გამოყენების ეფექტურ მიზნებსა და ტრაექტორიებს.

საქართველოში მყარი ბიოსაწვავის განვითარების სახელმწიფო სტრატეგიაც (სამუშაო ვერსია) შემუშავებულია, რაც მთავრობის დამტკიცებას და სამოქმედოდ მიორებას საჭიროებს.

სტრატეგიის მთავარი მიზანია საქართველოში მყარი ბიომასის ნარჩენების გამოყენების ხელშეწყობა წარმოების წახალისებისა და თანამედროვე მყარი ბიოსა-წვავის გამოყენების საშუალებით. სტრატეგიის ძირითადი მიმართულებები მოიცავს:

- სატყეო, სასოფლო-სამეურნეო, სამრეწველო და სხვა წყაროებიდან მყარი ბიომასის ნარჩენების მდგრად მართვასა და მიწოდების უზრუნველყოფას;
- მყარი ბიოსაწვავის წარმოებისთვის ახალი ტექნოლოგიების დანერგვისა და ბიზნესს პროცესების ხელშეწყობას;
- ბიომასის ნარჩენებიდან მიღებულ ენერჯიაზე მოთხოვნის და მდგრადი წარმოების მხარდაჭერას [7].

საერთაშორისო საფინანსო და დონორი ორგანიზაციები დაინტერესებული არიან საქართველოში ენერგოეფექტურობის და განახლებადი ენერჯიების კომპლექსური განვითარებით, ამასთან დაკავშირებით აღსანიშნავია აზიის განვითარების ბანკისა და საქართველოს ერთობლივი პროექტი (აქტიურ ფაზაში შევა მომავალი წლის პირველი ნახევრიდან), რომელიც ითვალისწინებს:

- მწვანე ტრანსპორტის განვითარების სტრატეგიის შემუშავებას;
- მზის მოტივტივე პანელების დამონტაჟებას ენერჯის წყალსაცავზე;
- ენერგოეფექტურობისა და განახლებადი ენერჯიების განვითარებას ანაკლიის ტერიტორიაზე.

ამრიგად, განახლებადი ენერჯის წყაროების, როგორც ადგილობრივი რესურსების ათვისება ქვეყნის ენერგოდამოუკიდებლობისა და ეკონომიკური განვითარების წინაპირობაა. დღესდღეისობით ძალზედ მნიშვნელოვანია ენერგეტიკის დარგში არსებული პრაქტიკის დახვეწა/მოდერნიზება და ევროკავშირის დირექტივებთან ჰარმონიზება.

ლიტერატურა

1. განახლებადი ენერჯიების ეროვნული სამოქმედო გეგმა (NREAP). საქართველო, 2018 წელი.
2. ნ. არაბიძე, მ. არაბიძე, ნ. ჯამბურია. კლიმატის ცვლილება და პარიზის შეთანხმების მიზნები. //ენერჯია. 2016წ. №2(78) გვ. 19-21.
3. ნ. არაბიძე, ა. გრიგალაშვილი, მ. არაბიძე. საქართველოში განახლებადი ენერჯეტიკის განვითარების ხელშეწყობა. //Georgian Engineering News, 2014, №1 გვ. 62-65.
4. ნ. არაბიძე, ა. გრიგალაშვილი, ხ. არაბიძე. სუფთა განვითარების მექანიზმის მიმდინარეობა და პერსპექტივები საქართველოში. //Georgian Engineering News, 2012, №1, გვ. 83-86.
5. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხვა ე. საქართველოში არსებული ენერგორესურსების ათვისების პოტენციალური მიმართულებანი. /IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა კრებული, ქუთაისი, 2016 წ. გვ. 108-110.
6. არაბიძე ნ., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხვა ე. ბიომასა-ალტერნატიული გზა ენერგოეფექტურობისაკენ. //ენერჯია, №3(83) 2017, გვ. .
7. კონფერენციის მასალები: (განახლებადი ენერჯეტიკის განვითარება საქართველოში).

SUMMARY

GOALS AND WAYS OF USING RENEWABLE ENERGY

Wezirishvili-Nozadze Q.O., Arabidze N.T., Grigalashvili A.Sh. and Pantskhava E.V.

Georgian Technical University

In June 2014 agreement on association of Georgia to European Union was signed. It became official in July 1 of 2016. This document establishes long-term political and economical integration process of Georgia with European Union together with agreement on Deep and Countrywide Free Trade Area (DCFTA). Recently Georgia joined to energetic Union, which will facilitate transformation of energy market and influence development of renewable energy directly and indirectly. Georgia, as a part of energetic Union, plans to realize and share guidelines of European Union according working program. That is why national renewable energy action plan (NREAP) is on the agenda.

Keywords: renewable energy, solid bio-fuel, energetic efficiency.

STRUCTURE OF A HAZARDOUS GAS LEAKAGE DETECTOR IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Prangishvili A.I., Iashvili N.G. and Khutashvili I.B.

Georgian Technical University

Abstract: Article is about creating hazardous gas detector based on two semiconductor sensors of the company Figaro (Japan). The device also provides temperature control in the room. As an example, a detection scheme for natural gas and carbon monoxide with using the TGS 2611 sensor is give.

Keywords: natural gas, gas leakage, concentration, detector, gas explosion, safety.

Despite the fact that we use natural gas every day we all know the risks that come with it: the leak of dangerous gases and reserving it. Because the leakage may lead to an explosion and poisoning civilians, when the loss is not only material, but people die. Unfortunately, this is not rare, gas is transparent, not visible for unarmed eye and mostly it has no smell, that is why people cannot detect the danger on time. Because of this, people invented gas sensors, so they can protect themselves from deadly gases. Nowadays, scientists all over the world are trying to invent new technology that detects gas leakage. That's why our aim is set up the device, which will execute similar function.

Gas detectors, in which sensors, working on different physical principles, are used as sensitive elements measure and indicate the concentration of certain gases in the air. When the sensors response reveal a dangerous gas level, audible or visible indicators, such as alarms, lights or a combination of signals warn the users. While many of the older, standard gas detector units were originally fabricated to detect one gas, modern multifunctional or multi-gas devices are capable of detecting several gases at once.

Gas detectors are categorized by type of gas they detect: combustible or toxic. Catalytic and infrared sensors detect combustible gases and electrochemical and metal oxide semiconductor technologies detect combustible as toxic gases.

Comparison conducted in other countries have shown pros and cons of the devices. There is an opportunity and need for not only qualitative, but constructional changes in device. The purpose of creating the gas leak detector and operating system of self-closing valve is to solve above mentioned problem and keep people safe.

The new system consists of three main components:

1. Semiconductor;
2. Electrical block which is created on the microprocessor;
3. Self-closing valve.

The electronic scheme of a single semiconductor sensor detector is shown in the Fig.1.

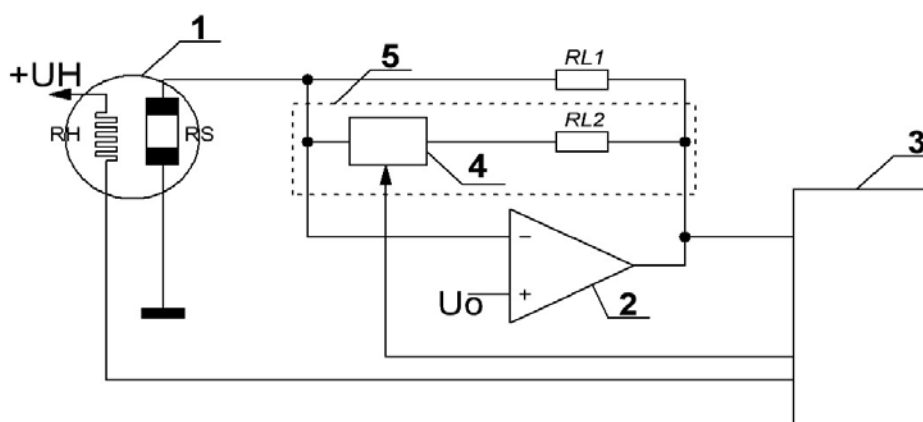


Fig. 1. The electronic scheme of a single semiconductor sensor detector

1. Gas sensor; 2. Converter; 3. Microprocessor; 4. Electronic switcher; 5. Sound alarm system

A combined gas leakage detector can be built on one or two sensors. “Figaro Engineering Inc” (Japan) produces a semiconductor sensor TGS 3870 for the detection and identification of two gases – Natural (Methane CH_4) and Carbon Monoxide (CO).

Several companies produce detectors using two sensors, one of which is designed to detect Methane and the other for Carbon Monoxide. Based on this, the combined detectors are conditionally divided into one and two sensor devices.

The structure of the two sensory detector is shown in Fig.2.

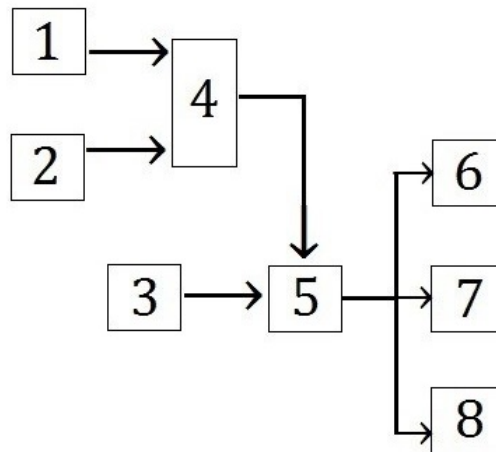


Fig.2. Structure of a combined gas detector

1. Methane gas sensor; 2. Carbon monoxide sensor CO; 3. Temperature sensor;
4. Processing scheme; 5. Microprocessor; 6. Light emitting diode; 7. Sound signal; 8. Valve

We have studied the characteristics, properties and functioning of physical principles of different types of sensors. Our attention was drawn to semiconductor sensors.

After the tests of experimental copy of the system, parameters have been established. The system, besides the sound and visual signals, will obey the main purpose: to block the gas supply network in the apartment. I.e. the controllable valve will be locked by the signal, which is generated by the microprocessor.

The proposed mechanism is different from existing systems by several signs that ensure high sensitivity and accuracy of the device. In addition, cost of the device will be significantly reduced.

REFERENCES

1. Iashvili N. About systematic approach of the problem of the natural gas leakage. //Transactions automated control systems, №1 (23), 2017, Tbilisi, Georgia.
2. Iashvili N., Khutashvili I. New microprocessor control system and gas leakage alarm and close control valve. Georgian Technical University, pp. 59-65, Tbilisi, Georgia;
3. Iashvili N. The algorithm for functioning the digital meter device. /IX International conference of the Georgian Mathematical Union. September 3-8, 2018, Batumi, Georgia.

РЕЗЮМЕ

СТРУКТУРА ДЕТЕКТОРА УТЕЧКИ ОПАСНЫХ ГАЗОВ ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Прангишвили А.И., Иашвили Н.Г., Хуташвили Ю.Б.

Грузинский технический университет

Рассмотрен вопрос построения детектора опасных газов на базе двух полупроводниковых сенсоров компании Фигаро (Япония). В приборе предусмотрен также контроль температуры. Как пример приведена схема обнаружения природного и угарного газов с применением сенсора TGS 2611.

Ключевые слова: природный газ, утечка газа, концентрация, детектор, взрыв газа, безопасность.

ბუნებრივი გაზის უსაფრთხო მოხმარების უზრუნველყოფა

მესტიერიშვილი შ.ა., იაშვილი ნ.გ., გოდერძიშვილი გ.ი., ხუტაშვილი ი.ბ., ქასოშვილი კ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მიუხედავად ბუნებრივი გაზის საყოფაცხოვრებო მიზნით გამოყენების სარგებლობისა და მოხერხებულობისა ვიცით, რომ მას თან ახლავს მეტად მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარეც: ბუნებრივი საყოფაცხოვრებო გაზის (მეთანი) გაჟონვა და დაგროვება, რასაც მოყვება აფეთქება და შენობის ნგრევა, ხოლო ტოქსიკური გაზის (CO) გაჟონვისა და დაგროვებისას ხდება ადამიანთა მოწამვლა. ასეთ დროს მატერიალური ზარალის გარდა მოსალოდნელია ადამიანთა მსხვერპლიც.

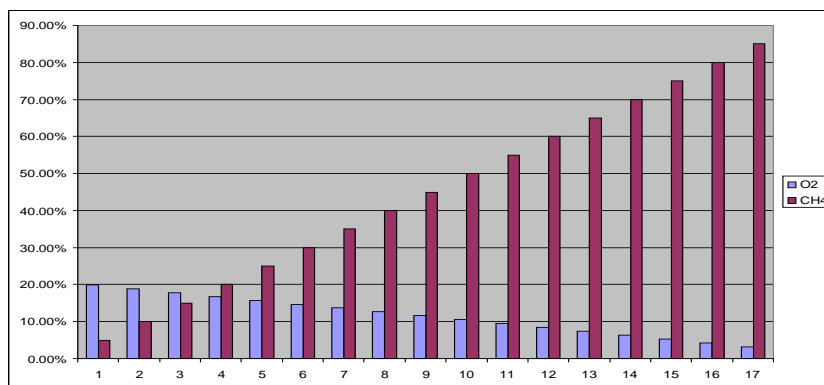
საყოფაცხოვრებო გაზის გაჟონვის აღმოჩენის ფაქტის გამოვლენისა და ადამიანთა გაფრთხილების მნიშვნელობა ყველასთვის ცხადია. ადამიანთა მიერ გაზის უსაფრთხო მოხმარებისათვის ხდება ბუნებრივ გაზში მკვეთრი სუნის მქონე ნივთიერების-ოღორანტის დამატება. უმრავლეს შემთხვევაში ოღორანტად გამოიყენება ეთილმერკაპტანი $-C_2H_5OH$. გაზის ოღორიზაცია ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა გაზის უსაფრთხოდ მოხმარებისათვის. ადამიანების მიერ ბუნებრივი გაზის უსაფრთხოდ მოხმარებისათვის განკუთვნილია საცხოვრებელ ბინებში გაზის გაჟონვის სიგნალიზატორები და დეტექტორები, მოწყობილობები და მონიტორინგის სისტემები [1-3]. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით ცხადია თუ რამდენად აქტუალური და აუცილებელია გაზის მოწყობილობების სწორი მონტაჟი თუ ექსპლუატაცია და რაც მთავარია გაზქურის, წყლის და გაზის გამათბობელთა მოხმარების წესების ცოდნა.

ძირითადი ნაწილი დღეს საქართველოში ბუნებრივი გაზით მომარაგების ქსელი საგრძნობლად განვითარებულია და თითქმის მთლიანად მოიცავს ქვეყნის დასახლებულ რეგიონებს. მისი წილი მოსახლეობის ენერგომომარაგებაში 50%-ს აღემატება. გაზმომარაგების სისტემების ექსპლუატაციის დროს უსაფრთხოების დაცვას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ამიტომ აუცილებელია პერიოდულად მათ განემარტოთ საფრთხის არსი და მისი აცილების საშუალებები. აღნიშნულის გამო განვიხილავთ იმ საკმარისად გავრცელებულ შემთხვევებს, რომელთაც ადგილი აქვს მოსახლეობაში გაზის ხელსაწყოების გამოყენების დროს [4-6]. საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება დაგროვდეს გაზი, ამან კი შეიძლება გამოიწვიოს დაგროვილი გაზის აფეთქება, ადამიანის გაგუღვა, მოწამვლა და სხვა. ბუნებრივი გაზი წარმოადგენს უსუნო და უფერო გაზს, მაგრამ ის არ არის მომწამლავი გაზი. მიუხედავად ამისა, მისი მოხმარებისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების მკაცრი დაცვა, ვინაიდან ეს გაზი ფეთქებადსაშიშია, თუ ის გარკვეული კონცენტრაციით შერეულია ჰაერთან (გაზი ფეთქდება როცა ჰაერში მისი კონცენტრაცია 5-დან 15%-მდეა); გაზის დაგროვება საშიშია იმითაც, რომ დახურულ სათავსოში მოხვედრილი ის ნაწილობრივ იკავებს ჟანგბადის ადგილს, რის გამოც ადამიანი განიცდის ჟანგბადის ნაკლებობას, რაც აძნელებს სუნთქვას და გაზის დიდი კონცენტრაციის შემთხვევაში ხდება ადამიანის გაგუღვა; ბუნებრივი გაზის არასრული წვის დროს შეიძლება წარმოიშვას მხუთავი გაზი CO, რომელიც ძლიერი მომწამლველია.

განვიხილოთ ყველაზე გავრცელებული შემთხვევა (1): პირობითად ავიღოთ 15 მ³ მოცულობის მქონე ჰერმეტიზირებული დახურული სამზარეულო (სათავსო), რომელშიც დგას გაზქურა და ღიად არის დატოვებული გაზქურის ერთი სანთურა. ასეთ შემთხვევაში საშუალოდ ერთი სანთურის ხარჯი 1 საათში 0,25 მ³-ია. ამ დროს გაზი სათავსოში აფეთქების ქვედა ზღვარს 3 საათში მიაღწევს. საკმარისია ნაპერწკალი, რომ მოხდეს აფეთქება. გაზის აფეთქების შემთხვევაში გამოიყოფა დიდი ენერგია და სათავსოში იზრდება წნევა, რაც იწვევს ნგრევას და ხანძარს. დახურულ სივრცეში (ოთახში, სამზარეულოში, სათავსოში) ტემპერატურის ყოველი 273 °C-ით გაზრდისას წნევა 1

ატმოსფეროთი გაიზრდება, აფეთქებისას კი ტემპერატურამ შეიძლება 1000 °C-ს საგრძნობლად გადააჭარბოს. ე.ი. სათავსოს კედლებზე დარტყმის ძალაც შესაბამისად გაიზრდება. წნევის ყოველი ერთი ატმოსფეროთი გაზრდა იწვევს 1 მ² ფართზე 10 ტონით ძალით დარტყმის გაზრდას. აფეთქებისას სათავსოს კედლებზე დარტყმის ძალა რომ ძალიან არ გაიზარდოს და შედეგად სათავსოს ნგრევა არ მოჰყვეს, აუცილებელია მის ფანჯარას ჰქონდეს სარკმელი, რომელიც აუცილებლად გარეთ უნდა იდებოდეს და ჩარაზული არ იყოს. ის აფეთქებისას გაიღება და წნევის ზრდას შეამცირებს და თავის მხრივ, ნგრევის სიდიდეც ნაკლები იქნება.

ცნობილია, რომ ჰაერის ნარევი ბუნებრივი გაზის კონცენტრაციის 19%-ით გაზრდისას, როცა ჟანგბადის პროცენტული მაჩვენებელი დაახლოებით 21-დან 17 %-მდე დაეცემა, ადამიანი უჟანგბადობას განიცდის და შესაძლოა გაიგუდოს. ასეთ შემთხვევაში უპირველესად არსებობს უფრო აფეთქების საშიშროება, ვიდრე უჟანგბადობის მიზეზით ადამიანის გაგუდვის საფრთხე.



დახურულ სათავსოში ბუნებრივი გაზის პროცენტული რაოდენობის ზრდის შესაბამისად ჟანგბადის კონცენტრაციის კლების გრაფიკი

ე.ი ნებისმიერ მოცულობაში ბუნებრივი გაზის რაოდენობის ყოველი 5%-ით გაზრდა იწვევს ჟანგბადის კონცენტრაციის 1,05 %-ით შემცირებას, ხოლო ჟანგბადის დეფიციტი მნიშვნელოვნად აფერხებს ადამიანის აზროვნებას და აძნელებს სუნთქვას. ჰაერში ჟანგბადის სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე ნაჩვენებია ცხრილში.

ჰაერში ჟანგბადის სხვადასხვა პროცენტული შემადგენლობის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

ჰაერში ჟანგბადის მოცულობა	მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე
6%	გამძვინტვნილი სუნთქვა, სწრაფი სიკვდილი
14%	არასრულფასოვანი აზროვნება, სწრაფი დაღლა
16%	შესუსტებული აზროვნება და სუნთქვა
21%	ნორმალური მდგომარეობა

ჟანგბადის დეფიციტი შეიძლება შეიქმნას არა მხოლოდ გაზის დაგროვების მიზეზით, არამედ მისი დაწვის შედეგადაც, თუკი წვისთვის საჭირო ჰაერის აღება მოხდება სათავსოდან; ასევე, თუკი ნაძვვი პროდუქტები გამოიყოფა სათავსოში. ხოლო ორივე ამ პროცესის ერთდროული მიმდინარეობისას რა თქმა უნდა გაცილებით სწრაფად დაიკლებს ჟანგბადის კონცენტრაცია. 1 მ³ ბუნებრივი გაზის სრული დაწვისთვის საჭიროა დაახლოებით 2 მ³ ჟანგბადი. ვინაიდან წვისთვის საჭირო ჟანგბადის მიწოდება რეალურად ხდება ჰაერთან ერთად, იგივე 1 მ³ ბუნებრივი გაზის დაწვისთვის საჭირო იქნება 10 მ³ ჰაერი (ჰაერში ჟანგბადის პროცენტული წილი 1/5-ია). ბუნებრივი გაზის წვა, რომელიც მიმდინარეობს ისეთ გარემოში, სადაც არ ხდება

მუდმივად ან პერიოდულად ჰაერის შემოდინება, გამოიწვევს ჟანგბადის დეფიციტს, რაც, თავის მხრივ განაპირობებს არასრულ წვას, რომლის დროსაც გამოიყოფა ნახშირბადის ოქსიდი (CO) - ძლიერმომწამლავი გაზი. მდგომარეობა შეიძლება მეტად სავალალო გახდეს, თუკი წვის პროდუქტების გამოყოფა(დაგროვება) სათავსოშივე მოხდება, რადგან ადამიანის სიცოცხლისთვის საფრთხეს წარმოადგენს როგორც არასრული წვის პროდუქტი (CO), ასევე სრული წვის პროდუქტიც (CO₂), თუკი მათი შემცველობა ჰაერში გარკვეულ პროცენტულ მაჩვენებელს მიაღწევს. ჰაერში CO-ს 0,5%-დან 0,8%-მდე შემცველობამ შესაძლოა გამოიწვიოს ადამიანის სიკვდილი.

ამრიგად, საჭიროა ვაკონტროლოთ სათავსოში არა მარტო გაზის დაგროვება, არამედ წარმოშობილი მსუთავი გაზის CO-ს კონცენტრაციაც, ამისთვის კი საჭიროა გამოვიყენოთ ისეთი ხელსაწყოები (სიგნალიზატორები და დეტექტორები), რომელიც რეაგირებს როგორც ჰაერში მეთანის კონცენტრაციის, ასევე CO-ს რაოდენობაზე. იმ შემთხვევაში თუ სათავსოში არ არის ბუნებრივი გაზის კონტროლის ასეთი ხელსაწყოები ან დროებით მწყობრიდან არის გამოსული, აუცილებელია საათში ერთხელ გავაღოთ ფანჯარა (2-3 წამით), ამ დროს სითბოს დანაკარგი დიდი არ იქნება, რადგან სითბოს ძირითადი ნაწილი აკუმულირებულია კედლებში და სათავსოს თბური ბალანსი ფაქტიურად უცვლელი დარჩება.

უნდა გვახსოვდეს, რომ საცხოვრებელ ბინებში და სახლებში გაზის მოწყობილობების ექსპლუატაციაზე პასუხისმგებლობა ეკისრებათ მომხმარებლებს. ამიტომ აუცილებელია მობინადრეთა მიერ გაზის მოხმარების წესების ცოდნა და მათი შესრულება.

ლიტერატურა

1. ნ. იაშვილი. ბუნებრივი აირის გაჟონვის პრობლემისადმი სისტემური მიდგომის შესახებ. თბილისი, სტუ. „მართვის ავტომატიზაციის სისტემები“ №1 (23), 2017.
2. ა. ფრანგიშვილი, ნ. იაშვილი, ი. ხუტაშვილი. მეთანის და მსუთავი გაზების გაჟონვის აღმოსაჩენი ახალი ინოვაციური მიკროპროცესორული მოწყობილობა. /კ. კამკამიძის დაბადების 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. თბილისი, სტუ, 2018.
3. Иашвили Н.Г., Хуташвили Ю.Б. Микропроцессорная система контроля утечки природного газа. /Тезиси 11-ой международной научно-практической конференции “Современные информационные и коммуникационные системы на транспорте в промышленности и образовании”. г. Днепр, 2017.
4. კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი. ადამიანების გაგუდვის მიზეზი – ბუნებრივი გაზი თუ ჟანგბადობა. //ჰიდროინჟინერია, №1-2 (15-16) 2013.
5. ა. ცაგარელი. გაზმომარაგების ცნობარი. -თბილისი, 2006.
6. კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი. სხვადასხვა საწვავის ეკოლოგიური შეფასება. //ენერჯია“ №2 (58), 2011.

SUMMARY

ABOUT THE SAFE CONSUMPTION OF NATURAL GAS BY THE POPULATION

Mestvirishvili Sh.A., Iashvili N.G., Goderzishvili G.I., Khutashvili I.B. and Khasoshvili K.N.

Georgian Technical University

Issues related to compliance with safety rules for natural gas consumption are discussed. The main causes of accidents are improper installation of gas appliances and equipment, incorrect operation of gas equipment. The main reason, however, is ignorance of and not knowing the rules for safe consumption of natural gas.

Keywords: natural gas, gas leakage, concentration, gas explosion, safety, detector.

**GaAsP ($0.65 \leq x \leq 1$) მყარ ხსნარებში და მათი საფუძველზე შექმნილ სტრუქტურებში
ლოკალური დიფუზიის მეთოდის გამოკვლევა და დამუშავება**

ტატიშვილი ქ.გ., გოდერძიშვილი გ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმაციის ასახვის თანამედროვე სისტემებში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ნახევარგამტარული ოპტოელექტრონული ხელსაწყოები, რომელთა შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს სინათლის გამომსხივებელი ინტეგრირებულ შესრულებული მრავალელემენტური ინდიკატორები, ასევე საინტერესოა მათი კონსტრუირების პროცესი და დამზადების ტექნოლოგია. ამასთან ამ ტიპის ხელსაწყოების შექმნისას აუცილებელია გადაწყდეს მთელი რიგი პრობლემები, რომლებიც აქტუალურია როგორც მეცნიერული, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობით. საჭიროა შეიქმნას ახალი სრულყოფილი მეთოდები, რომელთა საშუალებითაც მონოლითურ კრისტალში განხორციელდება ელემენტების ერთმანეთისგან საიმედო ელექტრული და ოპტიკური იზოლაცია. ოპტიკური იზოლაციის პრობლემა განსაკუთრებით თავს იჩენს იმ შემთხვევაში, როდესაც ეპიტაქსიური სტრუქტურა გაზრდილია ოპტიკურად გამჭვირვალე ფუძეზე. ტექნოლოგიური მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ მოთხოვნილებებს, დამოკიდებულია ინდიკატორების დასამზადებლად გამოყენებული ნახევარგამტარული მასალის ტიპზე და ინდიკატორის კონსტრუქციაზე.

დღეისათვის პერსპექტიულია მათი დამზადების პლანარული ტექნოლოგია, A^3B^5 სისტემის ნახევარგამტარული შენაერთების და მათი მყარი ხსნარების ეპიტაქსიური სტრუქტურების საფუძველზე. ვინაიდან არსებობს სპექტრის ხილულ არეში სინათლის გამომსხივებელი ინდიკატორების შექმნისათვის ხელსაყრელი, ამ მასალების საფუძველზე დამზადებული, ეპიტაქსიური სტრუქტურების ნაირსახეობა [1, 2]. სპექტრის წითელ არეში სინათლის გამომსხივებელი ინდიკატორების დასამზადებლად, პირველ რიგში, ყურადღება მიიქცია GaAs-ის ფუძეზე ეპიტაქსიურად გაზრდილი $GaAs_{0.6}P_{0.4}$ -ის n⁺-n ტიპის სტრუქტურამ, რომელზეც დამზადებულია არსებული ინდიკატორების უმეტესი ნაწილი.

მწვანე ფერის ინდიკატორების დამზადების სფეროს განვითარებას მნიშვნელოვანი სტიმული მისცა GaP-ს ეპიტაქსიური სტრუქტურების აზოტით ლეგირებამ, რის შედეგადაც მასში ხდება იზოელექტრონული ცენტრების ფორმირება [3, 4], რაც საგრძნობლად ზრდის რეკომბინაციის ხარისხს და აუმჯობესებს სტრუქტურის გამომსხივებელ თვისებებს.

წითელი ფერის ინდიკატორების წარმოებაში $GaAs_{0.6}P_{0.4}$ ეპიტაქსიური სტრუქტურების წარმატებით გამოყენებამ ერთის მხრივ და მეორეს მხრივ აზოტით ლეგირებულ GaP-ს სტრუქტურებში მაღალეფექტური რეკომბინაციური გამოსხივების აღმოჩენამ, სტიმული მისცა $GaAs_{1-x}P_x$ ($x > 0,5$), არაპირდაპირი ზონური სტრუქტურის ნახევარგამტარის, გამოყენებას ნარინჯისფერი და ყვითელი ნათებისათვის [5, 6].

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ინტეგრირებულ შესრულებული ოპტოელექტრონული ხელსაწყოების შექმნის პლანარული ტექნოლოგიური მეთოდის დამუშავების ძირითადი ეტაპები, რომელიც ემყარება n⁺GaP-nGaAs_{1-x}P_x ($0.65 \leq x \leq 1$) მყარი ხსნარის ეპიტაქსიური სტრუქტურების საფუძველზე სპექტრის ნარინჯისფერ, ყვითელ და მწვანე არეში სინათლის გამომსხივებელი p-n გადასვლების ფორმირებისათვის ლოკალური დიფუზიის პროცესის გამოყენებას. პლანარულ ტექნოლოგიაში ლოკალური დიფუზიის პროცესს უკავია ძირითადი და მნიშვნელოვანი ადგილი, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული კრისტალში ელემენტთა ლოკალიზაციის ხარისხი, მათი ელექტრული და ოპტიკური პარამეტრები.

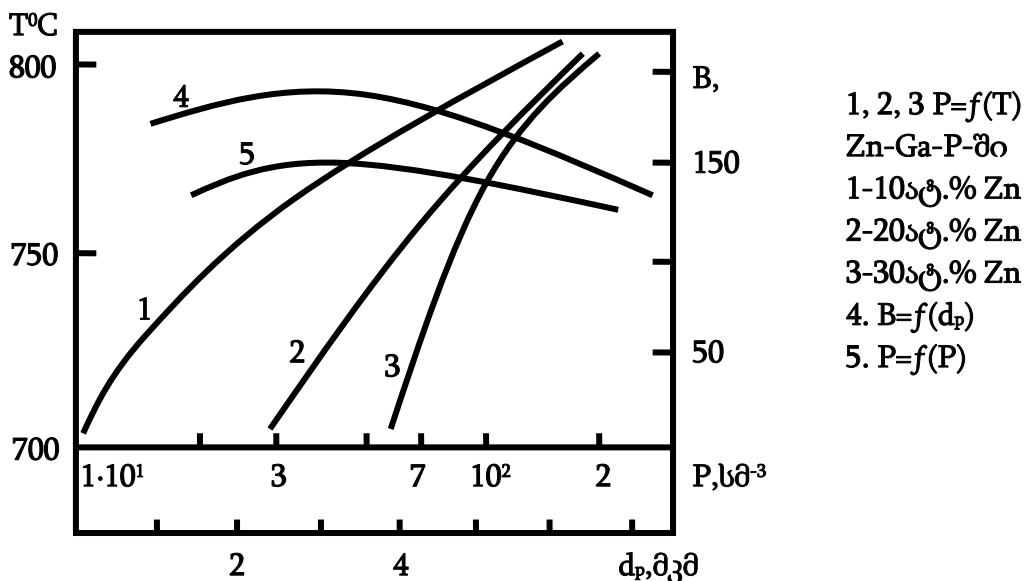
$GaAs_{1-x}P_x$ ($0.65 \leq x \leq 1$) მყარი ხსნარის n⁺-n სტრუქტურების საფუძველზე (ნარინჯისფერი ყვითელი და მწვანე ინდიკატორებისათვის) პლანარული ტექნოლოგიის დამუშავებისათვის როგორც საფუძველი, გამოყენებული იქნა არსებული პლანარული

ტექნოლოგიის მეთოდი, რომელშიც გამოიყენებულია გაუმჭვირვალე მონოკრისტალურ ფუძეშრებზე გაზრდილი GaAs_{1-x}P_x (x=0.4) მყარი ხსნარის n⁺-n სტრუქტურა.

ტექნოლოგიის დამუშავების პროცესში და შემდგომ ხელსაწყოების დამზადებისათვის ჩვენს მიერ საწყის მასალად გამოყენებული იქნა GaP-ს გამჭვირვალე საფენზე გაზრდილი ფაზიდან გაზრდილი GaAs_{1-x}P_x (0,65 ≤ x ≤ 1) მყარი ხსნარის n⁺-n ეპიტაქსიური სტრუქტურები (ნარინჯისფერისათვის x=0,65, ყვითლისათვის x=0,85 და მწვანისათვის x=1). ამ სტრუქტურებისათვის დამახასიათებელია ზედაპირის მაღალი ხარისხი და მის სხვადასხვა წერტილში ელექტროფიზიკურ პარამეტრთა ერთგვაროვნება.

GaAs_{1-x}P_x (0,65 ≤ x ≤ 1) მყარი ხსნარის ეპიტაქსიურ სტრუქტურებში სინათლის გამომსხივებელი p-n გადასვლების ფორმირება რთული და მრავალსაფეხურიანი ტექნოლოგიური პროცესია. ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპი ამ ტექნოლოგიაში არის თუთიის დიფუზიით p-n გადასვლის ფორმირება. დიფუზიური პროცესის ზუსტად შერჩეული ტექნოლოგიური რეჟიმები და დიფუზიური წყაროს ოპტიმალური შემადგენლობა განსაზღვრავს p-n გადასვლის სასურველი პარამეტრების მიღებას, განაპირობებს მთლიანად ხელსაწყოს მაღალ გამომსხივებელ თვისებებს.

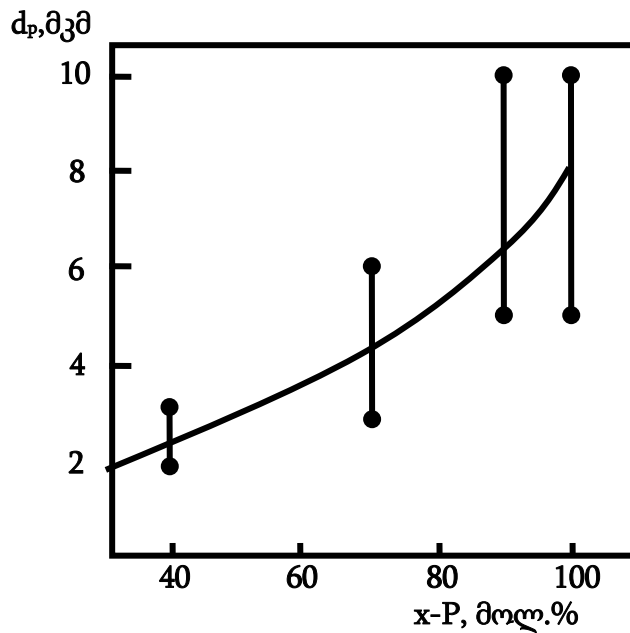
დიფუზიურ პროცესს ვატარებდით სპეციალური კონსტრუქციის კვარცის დახშულ ამპულაში, ვაკუუმის გარემოში, ფიქსირებული ტემპერატურის პირობებში. დიფუზიურ წყაროდ ვიყენებდით Zn-Ga-P სამმაგ შენაერთს, რომლის ოპტიმალური შემადგენლობა, დიფუზიური პროცესის ჩატარების ტემპერატურული დიაპაზონი 650-800 °C და დროითი რეჟიმები წინასწარ დადგენილი იყო ექსპერიმენტულად. როგორც სხვადასხვა ავტორები აღნიშნავენ Zn-ის დიფუზიის პროცესში, დიფუზიის წყაროდ Zn-Ga-P სამმაგი შენაერთის გამოყენების დროს, ფოსფორის ჭარბი წნევისას იქმნება დიფუზიის საუკეთესო პირობები. ამ დროს მიიღება დიფუზიის პლანარული ფრონტი და დიფუზიურ არეში მყარი ხსნარის ფოსფორით გამდიდრების შედეგად ხდება ოპტიკური ფანჯრის ფორმირება. დიფუზიანტად გამოიყენებოდა მაღალი სისუფთავის თუთია, გალიუმი და წითელი ფოსფორი. ყველაზე მნიშვნელოვანია, რომ დიფუზიის წყაროს სამმაგი შენაერთი Zn-Ga-P მიიღება და შემდგომში დიფუზიური პროცესი მიმდინარეობს ერთ მთლიან ტექნოლოგიურ ციკლში, რაც განაპირობებს შედეგების ზუსტად განმეორებას დიფუზიის პროცესის სხვა დროს ჩატარების შემთხვევაში. დიფუზიის პროცესის დასასრულს ხდება კვარცის ამპულის სწრაფად გაციება.



ნახ. 1. p-n გადასვლის მახასიათებლებზე ტექნოლოგიური ფაქტორის გავლენა

ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენის შედეგი p-n გადასვლების მახასიათებლებზე წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე. (1), (2) და (3) მრუდი შეესაბამება p-არეში კონცენტრაციის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე დიფუზიის წყაროში თუთიის სხვადასხვა პროცენტული შემცველობის შემთხვევისათვის (1-10, 2-20, 3-30, ატ.%). (4) და (5) გვიჩვენებს ნათების ხვედრითი სიკაშკაშის დამოკიდებულებას დიფუზიური ფენის dp სისქეზე და p-არეში მინარევთა კონცენტრაციაზე.

ნახ. 2-ზე p-n გადასვლის ოპტიმალური სიღრმის დამოკიდებულებაა მყარი ხსნარის სხვადასხვა შემადგენლობისათვის, რომელიც შეესაბამება ელექტროლუმინესცენსიის მაქსიმალურ ინტენსივობას



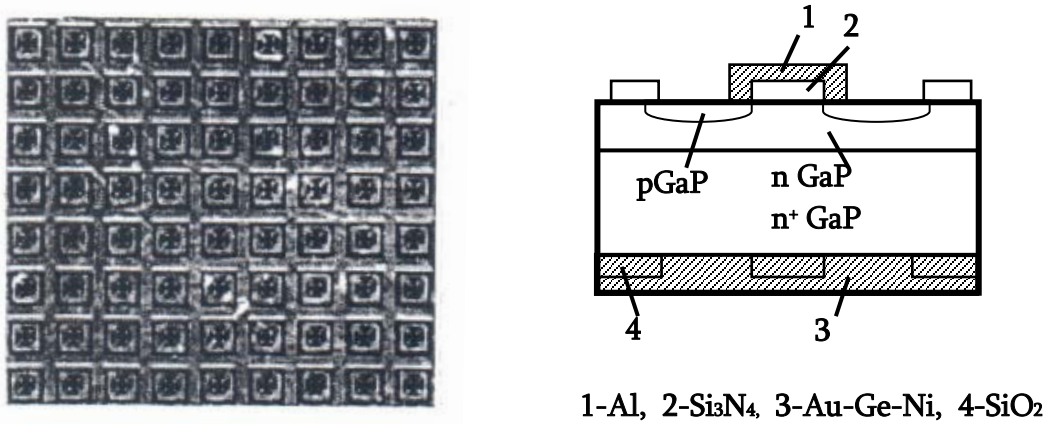
ნახ. 2. p-n გადასვლის ოპტიმალური სიღრმის დამოკიდებულებაა მყარი ხსნარის სხვადასხვა შემადგენლობაზე

p-არეში კონცენტრაციის გაზრდა $(4-6) \cdot 10^{19}$ cm^{-3} -ზე მეტად იწვევს გამოსხივებული სინათლის ინტენსივობის შემცირებას. $(2-5) \cdot 10^{18}$ cm^{-3} -მდე კონცენტრაციის შემცირება პრაქტიკულად არ მოქმედებს გამოსხივების ინტენსივობაზე. ამიტომ p-არეში მინარევების კონცენტრაცია ძირითადად ავირჩიეთ 10^{19} cm^{-3} -ის ტოლად, ამ შემთხვევაში მიიღება p-n გადასვლის საუკეთესო პლანარული საზღვარი. უმჯობესდება დენის სიმკვრივის განაწილება ზედაპირზე და იქმნება შესაძლებლობა ხარისიანი ომური კონტაქტის შექმნისათვის.

ლოკალური დიფუზიის პროცესის დროს სინათლის გამომსხივებელი ელემენტების ფორმირება ხორციელდებოდა ეპიტაქსიური სტრუქტურის ზედაპირზე დაფენილი Si_3N_4 -ის დიელექტრიკული ნიღბის გახსნილ ფანჯრებში Zn-ის დიფუზიით. დიელექტრიკულ ნიღბად (1-2 და 3 ექსპერიმენტებში) გამოყენებული იყო 0,25–0,3 მკმ სისქის Si_3N_4 -ის დიელექტრიკული ფირები. Si_3N_4 -ის ფირების გამოყენება განპირობებული იყო იმით, რომ ისინი წარმოადგენენ იდეალურ მასალას ნიღბისათვის, გაუმჭვირვალეა ატომური თუთიისათვის და მყარი ხსნარის შემადგენლობაში მყოფი ადვილად აორთქლებადი კომპონენტებისათვის (დარიშხანისა და ფოსფორისათვის).

კვლევა-ძიების საწყის ეტაპზე, GaAsP-ს სტრუქტურებზე სინათლის გამომსხივებელი ელემენტების ფორმირების, ლოკალური დიფუზიის და სხვა ტექნოლოგიური რეჟიმების დამუშავების პროცესს ვახორციელებდით დისკრეტული დიოდური კრისტა-

ლების მიღებისათვის. გამომსხივებელი ელემენტების ტოპოლოგია და სტრუქტურული სახე GaAsP-ს დიოდისა წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.



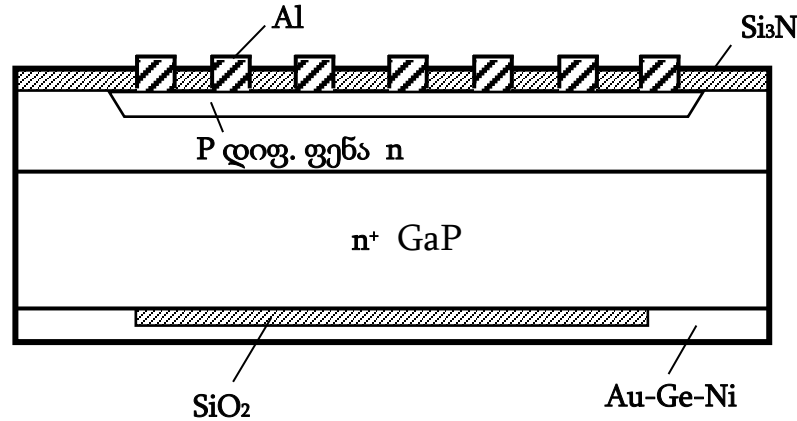
ნახ. 3. GaAsP-ს საფუძველზე გამომსახველი ელემენტის ტოპოლოგია და მისი სტრუქტურული სახე

დიფუზიურ პროცესს ვატარებდით ამ სტატიაში აღწერილი მეთოდით 650–800°C ტემპერატორულ ინტერვალში. GaAsP-ს ტრუქტურებში p-n გადასვლის მდებარეობის სიღრმე იცვლებოდა ნახ. 2-ზე მითითებულ ნორმებში, მყარი ხსნარის შემადგენლობის შესაბამისად. დიფუზიური არის საზღვრის მდებარეობის სიღრმე და დიფუზიური ფრონტის პროფილი განისაზღვრებოდა, სტრუქტურის განივ ბზარზე დისლოკაციურ მომწამვლელ ხსნარში მოწამვლის შემდეგ, მიკროსკოპის გამოყენებით.

წინასწარი ექსპერიმენტების ჩატარებისას სინათლის გამომსხივებელი ელემენტების ნათების ინტენსიობაზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ დიელექტრიკული ნიღბის ქვეშ დიფუზიის განივი ფრონტის არეში ნათების ეფექტურობა გაცილებით ინტენსიური იყო ვიდრე ნიღბით დაუცველ არეში. ეს ფაქტი შემდეგნაირად იქნა ახსნილი: დიელექტრიკული ფირი, დიფუზიის პროცესში, იცავს სტრუქტურის ზედაპირს დიფუზიის განივი ფრონტის არეში და ხელს უშლის სტრუქტურული დეფექტების წარმოშობას. თუთიის მინარეული ატომების კონცენტრაცია დიელექტრიკული ფენის ქვეშ დიფუზიის ფრონტის განივი არის ზედაპირზე ნაკლებია, ვიდრე დიელექტრიკით დაუცველი არის ზედაპირზე. ამიტომ p-n გადასვლაზე გენერირებული ნათების შთანთქმა შედარებით ნაკლებია დიელექტრიკული ფენით დაცულ არეში, ვიდრე მის დაუცველში. ამასთან, განივი ფრონტის არის ზემოდან დაფენილი დიელექტრიკული ფირი ასრულებს გამნათებელი შრის როლს. ყველა ეს ფაქტორი დადებითად მოქმედებს გამოსხივების ეფექტურობაზე და ზრდის მას საშუალოდ 30%-ით. შემდგომში ეს ფაქტორი გამოყენებული იქნა პლანარული ტექნოლოგიის დამუშავების დროს. დამუშავებულ მეთოდში თუთიით ლოკალური დიფუზიის დროს p-n გადასვლის ძირითადი გამომსხივებელი არის ფორმირება ხდება დიელექტრიკული ნიღბის ქვეშ განივი დიფუზიით, ხოლო დიფუზიური არე დიელექტრიკული ნიღბით დაუცველ უბანზე გამოიყენება როგორც გამოსხივებისათვის, ასევე ომური კონტაქტის განხორციელებისათვის. ამ მიზნით დამუშავებული იქნა სპეციალური კონფიგურაციის დიელექტრიკული ნიღბის ტოპოლოგია, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე.

ამრიგად, ამ მეთოდის გამოყენებით მრავალელემენტიან მონოლითურ ინდიკატორებში სინათლის გამომსხივებელი ელემენტები შესაძლებელია შეიქმნას, როგორც ნიღბით დაუცველ არეში, ასევე მის მიერ დაცული განივი ფრონტის არეშიც. ამასთან საგრძნობლად მარტივდება დამზადების ტექნოლოგიური ციკლი, ვინაიდან ხდება გამორიცხვა ისეთი პროცესებისა როგორიცაა: მეტალური კონტაქტების ფორმირების

შემდეგ დიფუზიური არის მაღალკონცენტრაციული ზედაპირული ფენის მოწამვლა; გამნათებელი ფენის შექმნის მიზნით SiO₂-ის დიელექტრიკული ფენის დაფენა და მასზე ლითოგრაფიული პროცესის ჩატარება.



ნახ. 4. GaAsP-ს საფუძველზე განსხვავებული კონსტრუქციის მანათობელი ელემენტის ტოპოლოგია

სტრუქტურებში ლოკალური დიფუზიის პროცესზე ტემპერატურულ-დროითი რეჟიმების გაგენის ექსპერიმენტულად შესწავლის საფუძველზე დადგენილ იქნა:

1. ფიქსირებული ტემპერატურის შემთხვევაში p-n გადასვლის საზღვრის მდებარეობის სიღრმე დიფუზიის დროის გაზრდით წრფივად იზრდება. ტემპერატურის გაზრდის შედეგად იზრდება დიფუზიის სიჩქარე და მახასიათებელთა დახრის კუთხე.

2. დიფუზიის განივი ფრონტის სიგანის მნიშვნელობის დამოკიდებულება დროზე ფიქსირებული ტემპერატურის შემთხვევაში აღიწერება წრფივი კანონით. მახასიათებლის დახრა ამ შემთხვევაში უფრო მეტია და ტემპერატურის გაზრდით დახრის კუთხე უფრო სწრაფად იზრდება. მახასიათებელთა დახრის კუთხის ზრდა გამოწვეულია დიფუზიის სიჩქარის გაზრდით დიელექტრიკის და ნახევარგამტარის გამყოფ საზღვარზე.

3. $K = h_p/h_n$ (h_p -დიფუზიის განივი ფრონტის სიგანეა, h_n p-n გადასვლის მდებარეობის სიღრმეა) სიდიდის ტემპერატურასა და დროზე დამოკიდებულება ჩვენს შემთხვევაში იცვლებოდა 1,2–1,55 ინტერვალში, რაც ადასტურებდა Si₃N₄ დიელექტრიკული ფირის საუკეთესო შემნილბავ თვისებებს. ტემპერატურის შემცირებით K-ს სიდიდე საგრძნობლად უმჯობესდება.

4. დამუშავებულია GaAsP ($0,5 \leq x \leq 1$) მყარი ხსნარის n⁺-n სტრუქტურებისთვის ლოკალური დიფუზიის პროცესი. დადგენილია დიფუზიური პროცესის ჩატარების ოპტიმალური რეჟიმები და p-n გადასვლის ოპტიმალური სიღრმე, რომელიც შეესაბამება ელექტროლუმინესცენციის მაქსიმალურ ინტენსივობას და წარმოადგენს ნარინჯისფერი სტრუქტურებისთვის ($x=0,65$) 6-8 მკმ-ს, ხოლო ყვითელი და მწვანე ფერისათვის კი ($0,85 \leq x \leq 1$) 6-10 მკმ. უფრო მეტი სიღრმის შემთხვევაში თავს იჩენს ელექტროლუმინესცენციური გამოსხივების შემცირება დიფუზიურ ფენაში შთანთქმის გამო.

ლიტერატურა

1. Light Emitting Diode or the LED Tutorial - Electronics Tutorials https://www.electronicstutorials.ws/diode/diode_8.html, pp. 2-4.
2. Вигдорович Е.Н. Диффузия цинка при изовалентном замещении в фосфиде галлия-Электроника-Известия высших учебных заведений, 6(110), 2014, стр.4-5.
3. Dean P.I. Gershenson M., Kaminsky G. Green Electroluminescence from GaP near Room Temperature/ J.Appl. Phys.- 1967, vol.38, №13, p. 5332-5342.

4. Growes W.O., Herzog A.H., Craford M.G. The Effect of Nitrogen Doping on GaAs_{1-x}P_x Electroluminescent Diodes / J. Appl.Phys.Lett. vol.19, №, pp.184-186.

5. Современные светодиоды - Компоненты и технологии, [www.kit-e.ru/articles/led/2004_5_12 .php](http://www.kit-e.ru/articles/led/2004_5_12.php), стр. 1-5.

6. Гермогенов В.П. Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники: учеб. Пособие. -Томск: Издательский Дом Томского Государственного Университета, 2015, стр. 111-127.

SUMMARY

GaAsP ($0.65 \leq x \leq 1$) IN SOLID SOLUTIONS AND BASED ON THEM LOCAL DIFFUSION METHOD IN STRUCTURES RESEARCH AND PROCESSING

Tatishvili K.G. and Goderdzishvili G.I.

Georgian Technical University

The paper presents an integrated optoelectronic devices for creating of the original Planar technology method for processing main stages, which are based on the epitaxial structures of solid solution of n+GaP-nGaAs_{1-x}P_x ($0.65 \leq x \leq 1$), the processing of local diffusion processes with zinc for the formation of light-emitting p-n transitions in orange, yellow and green areas of the spectrum. The experimental temperature-time regimes on local diffusion processes are experimentally studied in structures and the optimal modes of conducting the diffusion-process are established. Using the processed method light elements in the multilevel monolithic indicators can be created.

Keywords: planar technology, epitaxial structure, light-emitting indicator, multi-element indicator, local diffusion.

სინათლის გამომსხივებელ სტრუქტურებზე ამრეკლავი და მშთანთქმელი ზედაპირების წარმოქმნის თავისებურებები

გოდერძიშვილი გ.ი., ტატიშვილი ქ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

GaAsP მყარი ხსნარის სტრუქტურები, რომლებიც გამოიყენება ნარინჯისფერი, ყვითელი და მწვანე ფერის ინდიკატორების დასამზადებლად, გაზრდილია GaP-ს ოპტიკურად გამჭვირვალე მონოკრისტალურ ფუძეშრებზე. ფუძეშრის და თვით ეპიტაქსიური ფენის ოპტიკურად გამჭვირვალე თვისებები რიგ შემთხვევაში ასრულებს დადებით როლს, რიგ შემთხვევაში კი უარყოფითად მოქმედებს მონოლითური კრისტალის პარამეტრებზე.

ნაშრომში წარმოდგენილია ფიზიკო-ტექნოლოგიური კვლევა-ძიების შედეგები, რომელიც დაკავშირებულია მრავალეფექტიან მონოლითურ ინდიკატორში მანათობელი ელემენტების ეფექტურობის გაზრდისა და მათ შორის ოპტიკური იზოლაციის განსახორციელების მეთოდის დამუშავებასთან. ფუძეშრის და ეპიტაქსიური ფენის გამჭვირვალე თვისებების გამო შესაძლებელია ლოკალურ p-n გადასვლაზე გენერირებული ნათების ეფექტურობის გაზრდა თუ ფუძეშრის მხრიდან შევქმნით ამრეკლავ ზედაპირს. ამ შემთხვევაში გამოსხივებული სინათლის ნაკადი, რომელიც ვრცელდება p-n გადასვლიდან ფუძეშრისაკენ აირეკლება ფუძეშრის ქვედა ზედაპირიდან, ემატება ძირითად ნაკადს და ამის შედეგად იზრდება გამოსხივების ეფექტურობა.

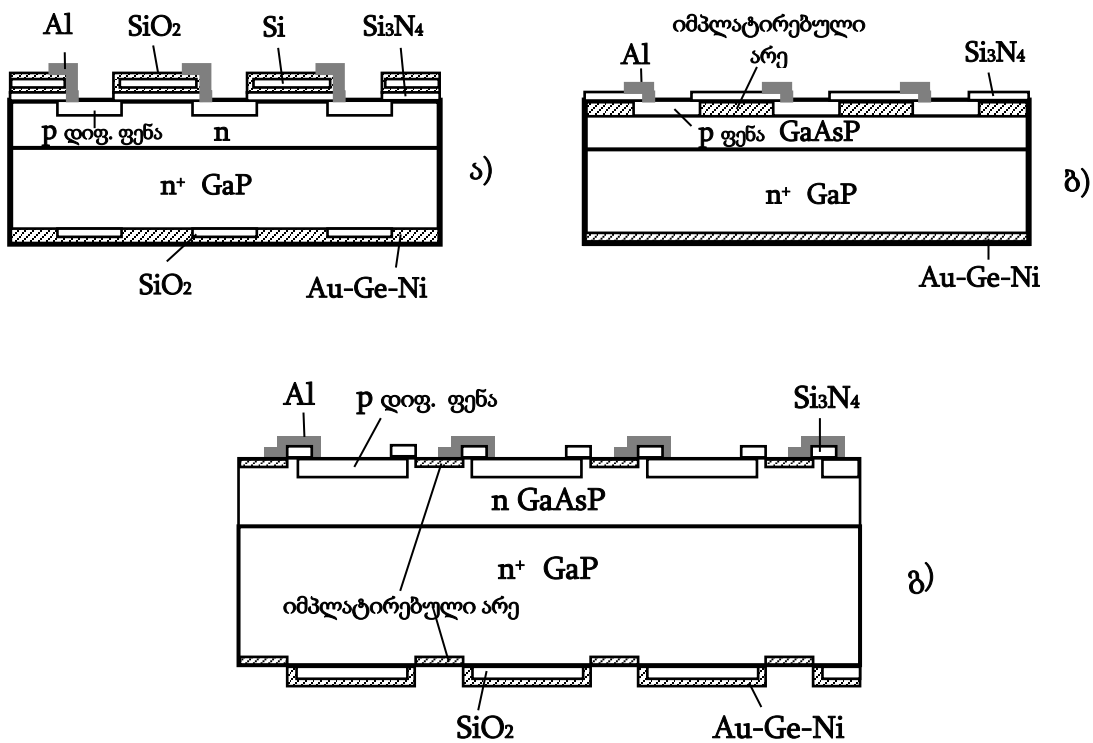
სინათლის გამომსხივებელი დიოდური კრისტალის სტრუქტურებზე, რომლებშიც შექმნილი იყო ლოკალური p-n გადასვლები და ზედა ომური კონტაქტები, ფუძეშრის მხრიდან ვახდენდით მათი ზედაპირის მოხეხვას და სტრუქტურის საერთო სისქის დაყვანას 400 მკმ-დან 250 მკმ-მდე. სტრუქტურის სისქის შემცირება აშკარაა, რომ იწვევს კრისტალის მოცულობის შემცირებას, ამ შემთხვევაში მცირდება გამოსხივებული ნაკადის დანაკარგები კრისტალის შიგნით. ფუძეშრის მოხეხვის და ზედაპირის ქიმიური დამუშავების შემდეგ სტრუქტურის ზედაპირზე საჭიროა მეტალური ომური კონტაქტის ფორმირება. შედარებითი ანალიზის ჩატარების მიზნით მოხეხვის შემდეგ თითოეულ სტრუქტურას ვყოფდით ოთხ ნაწილად და ვახდენდით პირობითათ მათ დანომვრას (№1, №2, №3, და №4 ტიპის ნიმუშებით). თითოეულზე ფუძეშრის მხრიდან კონტაქტებს ვქმნიდით ოთხი განსხვავებული მეთოდით. №1 ნიმუშებზე ვახდენდით ფუძეშრის პოლირებას ჯერ მექანიკურად, შემდეგ კი ქიმიური მოწამვლით. №2, №3 და №4 ტიპის ნიმუშებზე ფუძეშრის პოლირებისათვის ვიყენებდით მხოლოდ ქიმიურად მოწამვლას. №1 ნიმუშზე საფენის მხრიდან დიელექტრიკული ფირით ვქმნიდით ბადის კონფიგურაციის ნილაბს, ხოლო №2 და №4-ზე კი იმავე კონფიგურაციის ნილაბს ფოტორეზისტისგან. №1, №2 და №3 ნიმუშებზე საკონტაქტო ფენად თერმული გაფრქვევის მეთოდით ვაფენდით ოქროსა და გერმანიუმის შენადნობს. №2 ნიმუშებზე მეტალის ფენას უტარებდით ფოტოლითოგრაფიას "აფეთქებით". №4-ზე მეტალური კონტაქტის შესაქმნელად ვაღვანურ-ქიმიური მეთოდით ვაფენდით Pd-Ni-Au-Sn კომპოზიციას. ნიმუშებზე ომური კონტაქტების თერმული შეცხობის პროცესს ვატარებდით ერთსა და იმავე ტექნოლოგიურ რეჟიმში.

ამრიგად, საფენის მხრიდან ნიმუშებზე მიიღებოდა ბადის კონფიგურაციის ომური კონტაქტები. №1 ნიმუშებზე იქმნებოდა ამრეკლავი სარკული ზედაპირი. №2 და №4-ზე დიფუზიურად გამბნევი და №3 კი შთანთქმული. შედეგად მივიღეთ, რომ №3 ნიმუშთან შედარებით №1, №2 და №4 ნიმუშებში ხდება ეფექტურობის გაზრდა საშუალოდ 1,3–1,5-ჯერ. ეფექტურობის გაზრდა განპირობებულია კრისტალის შიგნით სინათლის ნაკადის მრავალჯერადი არეკვლით. ამასთან დაკვირვებების შედეგად დავადგინეთ: ყველაზე უკეთესი შედეგი მიიღება, როცა ზედაპირის მოხეხვა ხდება 20–25 მკმ ზომის მარცვლიანი ფხვნილით; №4 ნიმუშებზე განხორციელებული დამზადების მეთოდი შედარებით მარტივი და უფრო საიმედოა.

ამრიგად, მონოლითურ მრავალელებმენტიან ინდიკატორებში ამ ტიპის ამრეკლავი კონტაქტები უნდა შეიქმნას გამომსხვიებული p-n გადასვლების ქვემოთ ფუძემშრის ზედაპირზე. დიფუზიურად გამბნევი ზედაპირის გამოყენება მოსახერხებელია ინტეგრაციის დაბალი ხარისხის მქონე ინდიკატორებისათვის. ინტეგრაციის უფრო მაღალი ხარისხის მქონე ინდიკატორებისათვის აუცილებელია გამოყენებული იქნას სარკული ამრეკლავი კონტაქტები დიელექტრიკული ფირის გამოყენებით (№1 ნიმუშის ვარიანტი).

როგორც აღნიშნეთ, რიგ შემთხვევაში ფუძემშრის და თვით ეპიტაქსიური ფირის გამჭვირვალე თვისებები უარყოფითად მოქმედებს კრისტალის პარამეტრებზე. განსაკუთრებით მრავალელებმენტიანი მონოლითური ინდიკატორისათვის. p-n გადასვლაზე გენერირებული ნათება კრისტალის შიგნით მრავალჯერადი არეკვლის და გაბნევის შედეგად ურთიერთმეზობელ ელებმენტებში ქმნის განათებულ ფონს და მცდარი ინფორმაციის აღქმის შესაძლებლობას იძლევა.

მონოლითური ინდიკატორის კრისტალში (ნახაზი, ა) ოპტიკური იზოლაციის განხორციელებისათვის გამოყენებულია პოლიკრისტალური სილიციუმის 1-2 მკმ სისქის ფირებისაგან შექმნილი ოპტიკურად ძლიერად მშთანქმელი ნიღბი. ნიღბი ფარავს კრისტალის წინა მხარის მთელ ზედაპირს ელებმენტის სამუშაო ზედაპირის გარდა. აღსანიშნავია, რომ მეტოდი რთული და შრომატევადია, რაც გამოწვეულია პოლიკრისტალური სილიციუმის სქელი ფირებისაგან ნიღბის ფორმირებით და მისი პასივიზაციის აუცილებლობით [1, 2].



GaAsP-ს n⁺-n სტრუქტურის საფუძველზე სხვადასხვა ტექნოლოგიით დამზადებული მონოლითური კონსტრუქციის ინდიკატორის კრისტალები:

- ა) პოლიკრისტალური Si-ის შთანქმელი ნიღბით;
- ბ) პროტონებით იმპლანტირებული ელექტრულად მაიზოლირებული არით;
- გ) ჩვენს მიერ დამუშავებული ტექნოლოგიით დამზადებული კრისტალის კონსტრუქცია

ინდიკატორის კრისტალში ელემენტორისი ელექტრული იზოლაცია განხორციელებულია არით, რომელიც პროტონებით არის იმპლანტირებული (ნახაზი, ბ). $E_{\max}=300$ კეე ენერგიის პროტონებით სამსაფეხუროვანი იმპლანტაცია ეპიტაქსიურ სტრუქტურას გარდაქმნის მაღალი ელექტრული წინაღობის მქონე ($2 \cdot 10^5$ ომი. სმ) არედ [3]. პროტონებით იმპლანტაცია ნახევარგამტარულ მასალას, გარდა ელექტრული თვისებებისა, უცვლის ოპტიკურ თვისებებსაც. იცვლება მასალის ოპტიკური შთანთქმის კოეფიციენტი. მასალა ხდება გაუმჭვირვალე ხილული ნათებისათვის, კერძოდ GaP-ში პროტონების იმპლანტაცია იწვევს შთანთქმის ზოლის კიდის გადაადგილებას 100 ნმ-ით გრძელტალღიანი არისაკენ [4]. ეს ეფექტი იქნა გამოყენებული ჩვენს მიერ მშთანქმელი ზედაპირების ფორმირებისათვის. იმისათვის, რომ შესრულდეს პროტონებით იმპლანტაცია სტრუქტურის ზედაპირის ლოკალურ არეებში საჭიროა გამოვიყენოთ ფოტორეზისტის ნიღაბი. ფოტორეზისტის ლოკალური ფენა საკმაოდ საიმედოდ იცავს ზედაპირს პროტონებით იმპლანტაციისაგან. მეთოდი საკმაოდ მარტივია და მოსახერხებელი.

ამრიგად, მრავალელემენტიან მონოლითურ ინდიკატორში მანათობელი ელემენტების ეფექტურობის გაზრდისა და მათ შორის ოპტიკური იზოლაციის განსახორციელებლად დამუშავებულია მარტივი ტექნოლოგიური მეთოდი. დამუშავებული მეთოდის გამოყენებით GaAsP მყარ ხსნართა ეპიტაქსიური სტრუქტურების საფუძველზე პლანარული ტექნოლოგიით შესაძლებელია შეიქმნას სხვადასხვა ტიპის მრავალელემენტიანი მონოლითური კონსტრუქციის ინდიკატორები, მანათობელ ელემენტთა მაღალი კონტრასტულობით მათი მჭიდროდ განლაგების შემთხვევაში. დამუშავებული ტექნოლოგიით ჩვენს მიერ შექმნილი იქნა ამ ტიპის მრავალელემენტიანი ინდიკატორი (ნახაზი, გ).

ლიტერატურა

1. Эскин С.М., Гурков Л.Н., Сушков В.П., Вигдорович Е.Н. Диффузионная технология в производстве полупроводниковых индикаторов. //Обзоры по электронной технике. Сер. 2, п/п приборы № 3 (779), 1981, 68 с.
2. Вигдорович Е.Н. Диффузия цинка при изовалентном замещении в фосфиде галлия.-Электроника-Известия высших учебных заведений, 6(110), 2014, сс. 4-5.
3. Кнаб О.Д. Многоэлементный полупроводниковый индикатор //Электронная техника. Сер. 7, , вып. 1 (110), 1982, сс. 3-8.
4. Козлов В.А., Козловский В.В. Легирование полупроводников радиационными дефектами при облучении протонами и α -частицами. //Физика и техника полупроводников, 2001, том 35, вып. 7, сс. 781-783.

SUMMARY

FEATURES OF THE FORMATION OF REFLECTIVE AND ABSORBING SURFACES ON LIGHT-EMITTING STRUCTURES

Goderdzishvili G.I. and Tatishvili K. G.

Georgian Technical University

The paper presents the results of physical and technological research related to the technology for producing light-emitting indicators in the visible spectrum on the base of the epitaxial structures of a GaAsP solid solution on GaP optically transparent, single-crystal substrates. Development of a method for increasing radiation efficiency and providing optica isolation between light-emitting elements in a multi-element monolithic indicator. Using the elaborated method light-emitting elements in a multi-element monolithic indicator can be created.

Keywords: epitaxial structure, light-emitting indicator, multi-element indicator, monolithic indicators, reflective surface, absorbing surface.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР НА СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ САЖИ В ПРИСУТСТВИИ РАСПЛАВА Ni – Mn

Лоладзе Н.Т., Церодзе М.П., Авалишвили З.А., Заславски С.И.

Грузинский технический университет

Известно, что производительность процесса получения алмазов методом каталитического синтеза в условиях его термодинамической стабильности зависит от многих факторов. На процесс кристаллизации алмазов в системе Me–C сказывается природа и химический состав исходных реагентов (сплав катализатор + углеграфитовый материал), различные добавки, P – T условия и т.д. Особенно существенное влияние на процесс алмазообразования и на качество конечного продукта оказывает структура исходного углеродсодержащего сырья. Установлено, что при получении алмазов из разных углеродсодержащих исходных материалов в области его термодинамической устойчивости наблюдаются различные результаты: превращение некоторых углеродных материалов (сажи, коксы, карбин др.) в алмаз вообще не происходит, а в ряде случаев при использовании других углеродсодержащих материалов (искусственные графиты, природный графит, фулерен) фиксируются высокие значения степени превращения α в алмаз [1-4].

Известно также, что структура углеродсодержащего материала может претерпевать существенное изменение от воздействия различных факторов: термической обработки, термобарической обработки, присутствия карбидов переходных металлов или расплавов металлов.

С целью получения дополнительных экспериментальных данных, необходимых для более глубокого понимания механизма алмазообразования нами была поставлена задача изучить структурные и фазовые превращения в конкретном углеродном и углеграфитовом материале подвергнувшегося термической и термобарической обработке как в присутствии расплавов металлов катализаторов, так и без них. В наших предыдущих работах изучалось влияние термической и термобарической обработки на углеродные материалы – УПМ (углерод пиролиза метана) и графита марки ГМЗ [5-7].

В данной работе представлены результаты изучения поведения углеродных материалов в условиях высоких давлений и температур в присутствии расплавов металлов. В качестве исследуемого вещества был выбран углеродный материал, являющийся продуктом отхода процесса окислительного пиролиза метана – УПМ. УПМ относится к классу сажи и представляет собой высокодисперсное вещество с турбостатной структурой. Интерес к материалу УПМ был предопределен тем фактом, что в исходном состоянии данный материал в условиях каталитического синтеза в алмаз не превращается.

Было проведено серия опытов по изучению структурных изменений в углеродном материале – саже УПМ под воздействием высоких P и T в присутствии расплава металла. Термодинамические параметры процесса были подобраны таким образом, что они соответствовали на диаграмме состояния углерода, как зонам стабильности алмаза, так и термодинамической устойчивости графита.

Углеродный материал УПМ вместе с металлом (Ni–Mn) подвергали воздействию высоких давлений: $4,0 \cdot 10^9$ Па; $5,0 \cdot 10^9$ Па а $7,7 \cdot 10^9$ Па при температуре 1470 К в течение 60 с. Соотношение металла к углероду составляло 60:40 по массе. В ходе проведения эксперимента наблюдается жидкофазная графитация углерода УПМ, протекающая с такой большой скоростью, что зафиксировать начальное время не удастся. Поэтому, в дальнейшем все опыты были проведены при одинаковой выдержке - 60 с. Рентгеновский анализ полученных спектров показал, что для перекристаллизованного углеродного материала УПМ характерен простой профиль дифракции и пик с максимумом при $2\theta = 26^\circ 30'$, что соответствует межплоскостному расстоянию 3,351 Å (рис.1,а) в природном графите. Толщина пакетов кристаллитов (Lc) резко возрастает и достигает при $4,0 \cdot 10^9$ Па величины в 260–270 Å. На рис. 1,б представлена микрофотография полученного спека, где отчетливо видны крупные образования совершенных графитовых кристаллитов.

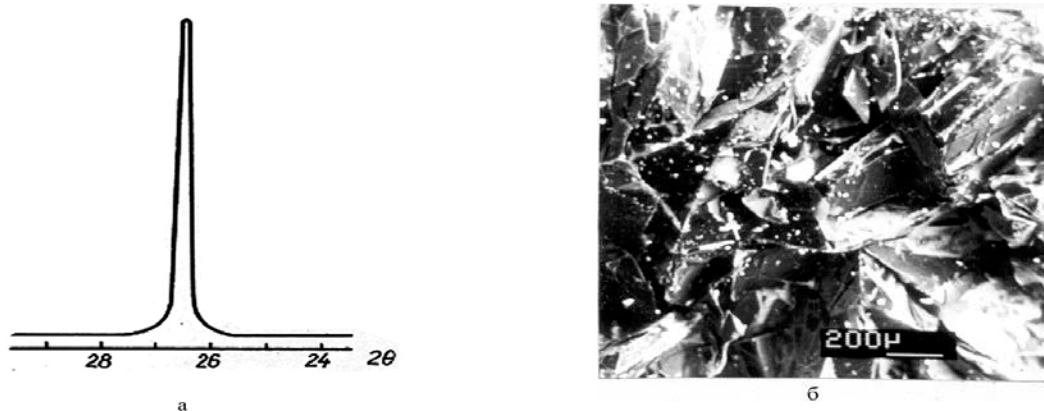


Рис.1. а) и б) Профиль линии (002) (а) и микрофотография (б) углеродного материала УПМ после термобарической обработки в присутствии расплава Ni–Mn ($P = 5,0 \cdot 10^9 \text{ Па}$, $T = 1470 \text{ К}$, $\tau = 60 \text{ с}$)

При увеличении давления размер кристаллитов уменьшается (рис.2). Как отмечалось выше, это явление вероятно, связано с замедлением процесса графитации углеродного материала при параметрах, соответствующих области стабильности алмаза (рис.2).

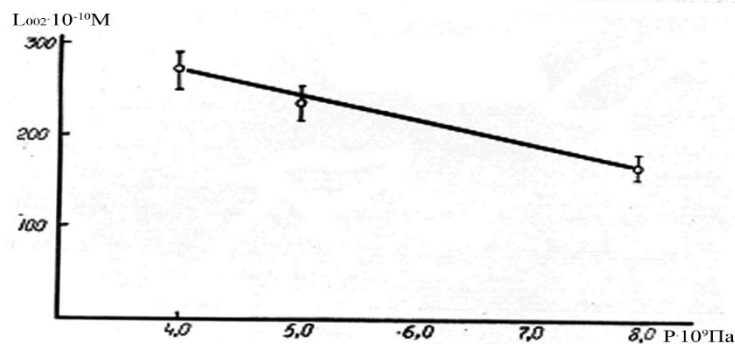


Рис. 2. Изменение среднего размера кристаллитов (L_c) углеродного материала УПМ от величины приложенного давления в присутствии расплава Ni – Mn ($T = 1470 \text{ К}$, $\tau = 60 \text{ с}$)

Экспериментальный факт образования графита совершенной структуры при жидкофазной графитации исходного углеродного материала, не обладающего структурой графита в условиях высоких давлений и температур отмечался и в работе [8]. С целью установления склонности образовавшейся графитной фазы в результате жидкофазной графитации переходит в алмаз, полученные спеки, содержащие перекристаллизованный графит освобождались от металла-катализатора с помощью химической обработки. Выделенный в чистом виде графит в дальнейшем использовался в новых реакционных смесях для получения алмазов.

Эксперименты по синтезу алмазов из графита, полученного в условиях высоких давлений и температур в области стабильности алмаза путем жидкофазной графитаций, дали положительный результат. Алмазы были получены при $P = 5,0 \cdot 10^9 \text{ Па}$, $T = 1470 \text{ К}$, металл-катализатор (Ni – Mn).

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Касаточкин, Л.Е. Штеленберог, В.Н. Слесарев и др. Зависимость синтеза алмаза от природы исходного углерода. / ДАН СССР, т.149, №4, 1970, сс. 801-804.
2. A. Tsuzuki, S. Hirano, S. Naka. Influencing factors for diamond formation from several starting carbons. // Mater. Sci., 20, 2260. 4, 1985.
3. J.Y. Choi, K.Y. Euu, S.J. Kang. Effect of carbon crystallinity on the nucleation and growth of diamond under high pressure and high temperature. Diamond and Relat. Mater, 7, 1196-2000, 1998.

4. A.L. Skury, G.S. Babrovnich, S.N. Monteiro. Influence of the graphitization process on the synthesis of diamonds from a C-Ni-Mn system. //J. Superhard Mater., 5, 3-8, 2001.
5. Н.Т. Лоладзе, М.П. Церодзе, В.М. Габуния, Т.Б. Пхаладзе, З.А. Авалишвили. Исследование структурных превращений в некоторых углеродных материалах при высоких температурах. //Georgian Engineering News, №4, 2017, сс.31-34.
6. М.П. Церодзе, З.А. Авалишвили., Т.Б. Пхаладзе, С.И. Заславский, Н.Т. Лоладзе. Исследование кинетики структурообразования сажи в условиях высоких давлений и температур в свете возможности алмазообразования. //Известия НАН Грузии, серия Химическая, т.43, #3-4, 2017, сс.326-328.
7. В.И. Костиков, Н.Н. Шипков, Я.А. Калашников и др. О механизме полиморфных превращений углерода в присутствии катализаторов. //Сверхтвердые материалы, №6, 1985, сс.3-7.
8. Б.К. Дымов, И.А. Бубненко, А.С. Бакман, Н.Н. Шипков, В.П. Шевяков, Б.М. Шуленин. Изменение структуры углерода в предкристаллизационный период синтеза алмаза. //Сверхтвердые Материалы. №6, 1983, сс.9-13.

SUMMARY

INFLUENCE OF HIGH PRESSURES AND TEMPERATURES ON STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF CARBON BLACK IN THE PRESENCE OF Ni –Mn MELT

Loladze N.T., Tserodze M.P., Avalishvili Z.A. and Zaslavski S.I.

Georgian Technical University

The studies of phase and structural changes in the black (carbon of methane pyrolysis - CMP) have been carried out in conditions of different thermodynamic parameters ($P = 4.0\text{--}10\text{ Pa}$; $5.0 \cdot 10^9\text{ Pa}$ and $7.7 \cdot 10^9\text{ Pa}$; $T = 1470\text{ K}$, $t = 60\text{ sec.}$) in the presence of Ni –Mn alloy melt –the catalyst for diamond synthesis. It's fixed, that the intensive liquid-phase graphitizing of non-diamond carbon CMP takes place and the crystallization of perfect graphite crystals is established. It is shown that carbon black CMP under conditions of catalytic synthesis re-crystallizes only into metastable graphite.

Keywords: carbon black, structural transformation, melt, catalytic synthesis.

ალმასკომპოზიციური მასალის მიღების ზოგიერთი ტექნოლოგიური ასპექტი

ლოლაძე ნ.თ., წეროძე მ.პ., ავალიშვილი ზ.ა., ძიძიშვილი ი.გ., ნოზაძე დ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ალმასური ინსტრუმენტის მდგრადი და ეფექტური მუშაობის განმსაზღვრელ ფაქტორებს, გარდა გამოყენებული ალმასური კრისტალების ხარისხისა, წარმოადგენს ლითონური მატრიცის – შემაკავშირებლის ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. შემაკავშირებელი, რომელიც ემსახურება ალმასური კრისტალების მტკიცე ჩამაგრებას ლითონური მატრიცის ზედაპირზე თამაშობს განმსაზღვრელ როლს ინსტრუმენტის მუშაუნარიანობაში.

ლითონური შემკვრელის ალმასდაჭერის უნარი და ცვეთამდეგობა თავის მხრივ დამოკიდებულია მის ფიზიკურ-მექანიკურ, თბოფიზიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. თვისებების ჩამოთვლილ კომპლექსს განაპირობებს როგორც ლითონური კომპოზიციის შემადგენლობა, ასევე მისი ფორმირების ტექნოლოგია. ზესალი ალმას-შემცველი კომპოზიციური მასალების მიღება ძირითადად ხორციელდება ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდის გამოყენებით მაღალი ტემპერატურისა ($800 - 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) და ხშირად მაღალი წნევის გამოყენებით.

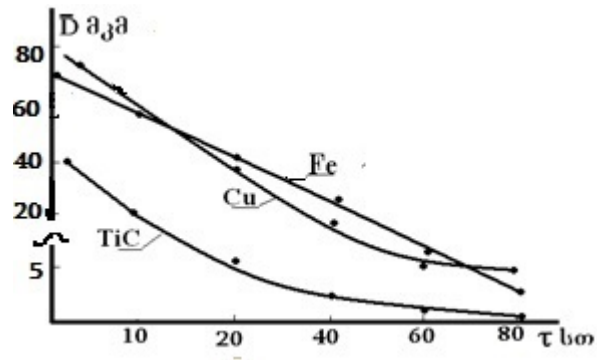
ფხვნილთა მეტალურგიის ტექნოლოგიით მიღებული ალმასური ინსტრუმენტის ლითონური შემაკავშირებლები უმეტეს შემთხვევაში შეიცავენ რკინის ტრადის ლითონებს (Fe, Ni, Co), სპილენძისა და კალის დანამატებით [1-3].

ალმასკომპოზიციის მრავალკომპონენტური საწყისი კაზმი წარმოადგენს შედარებით დიდი ზომის ალმასური კრისტალებისა და სხვადასხვა ლითონების დისპერსული ფხვნილების ნარევს. შეცხოების პროცესში ასეთ სისტემებში მიმდინარეობს რიგი რთული პროცესებისა – პლასტიური ან ბლანტი დინება, მოცულობითი, ზედაპირული ან კომპონენტების ურთიერთდიფუზია, მასაგადაცემის მექანიზმის ცვლილება, ახალი ფაზების ჩანასახწარმოქმნა, ლითონების რეკრისტალიზაცია, მყარი ხსნარების წარმოქმნა და დაშლა, ალმასების ურთიერთქმედება კაზმის კომპონენტებთან. სისტემის შეცხოებისას კონსოლიდაციის პროცესში შესაძლებელია თხევადი ფაზის წარმოქმნა შემდგომი მისი გაქრობით ახალი უფრო ძნელადღებადი ფაზების წარმოქმნის შედეგად, ელემენტებს შორის ქიმიური რეაქციების მიმდინარეობა და ა.შ. ალმასკომპოზიციური მასალების შეცხოების პროცესი ძირითადად მყარფაზა შეცხოების ან თხევადი ფაზის მინიმალური რაოდენობის არსებობის პირობებში მიმდინარეობს. აქედან გამომდინარე, იდენტური ქიმიური შემადგენლობისათვის შეცხოების პროცესის მიმდინარეობა და შესაბამისად მიღებული ცხობილების ხარისხი – ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები დიდად არის დამოკიდებული საწყისი ლითონური ფხვნილების მარცვლოვანებასა და მორფოლოგიაზე, ანუ ხვედრით ზედაპირსა S_0 და დაყრით სიმკვრივეზე $\rho_{დაყრ.}$

წარმოდგენილ სამუშაოში შესწავლილია ალმასკომპოზიციის ლითონური მატრიცის საწყისი ლითონური ფხვნილების დისპერსულობის და მარცვლების ფორმების ზეგავლენა მიღებული ცხობილების ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებელზე – სისალეზე, რადგანაც სისალე წარმოადგენს მიღებული ცხობილების ხარისხის ერთ-ერთ ყველაზე მგრძობიარე ინდიკატორს.

შესწავლილი იყო სისტემები Fe–Cu–Ni–Sn, Co და Co–Sn–Ni. დაგეგმილი ალმასკომპოზიციური მასალის შემკვრელის საწყის კომპონენტებად გამოყენებული იყო ლითონთა სტანდარტული დისპერსული ფხვნილები, ძირითადად ელექტროლიტური წარმოშობის: სპილენძი, რკინა, კობალტი, ნიკელი, კალა და სხვ. საწყისი ფხვნილები იცრებოდა მექანიკურ საცრებში. გამოცრილი ფხვნილების მარცვლოვანება (დისპერსულობა) შესაბამის საცერში გატარების შემდგომ შეადგენდა $<40\text{ }\mu\text{მ}$. მიღებული ფხვნილები შემდგომი დაწვრილმარცვლოვანების მიზნით გადიოდნენ აქტივაციას. აქტივაციის პროცესი - დაწვრილმარცვლოვანება ხორციელდებოდა ბურთულებიან წისქვილში. დაწვრილმარცვლოვანებული მეტალების (Fe, Cu, Ni, Sn, Co, და ა.შ) დისპერსულობის განსაზღვრა ხორციელდებოდა ფხვნილთა ხვედრითი ზედაპირის

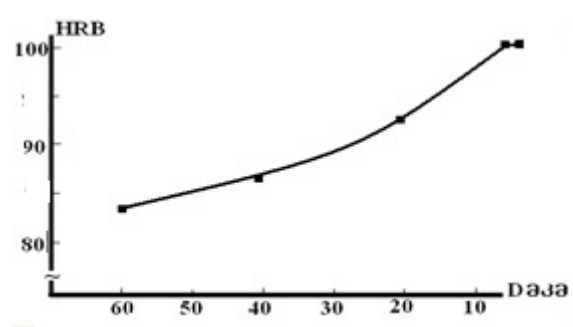
განსაზღვრის ანაც ელექტრონულ-მიკროსკოპული მეთოდების გამოყენებით. ჩვენს მიერ გამოყენებული ბურთულებიანი დოლის კონსტრუქციისათვის დადგენილ იქნა ლითონური ფხვნილების რკინის, ნიკელის, სპილენძისა და ტიტანის კარბიდის მარცვლების ზომების დამოკიდებულება დაფქვის დროზე ან აქტივაციის პროცესის ხანგრძლივობაზე. დაფქვილი მეტალების (Fe, Ni, Cu) დისპერსულობის განსაზღვრა ხორციელდებოდა სტუის ბიონანო-კერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში. ფხვნილოვანი ნიმუშების სვედრითი ზედაპირის გამსაზღვრის მეთოდის გამოყენებით მიღებული შედეგები მოყვანილია (ნახ.1).



ნახ.1. Fe-ის, Cu-ის და TiC-ს ფხვნილის მარცვლების საშუალო ზომის დამოკიდებულება აქტივაციის დროზე

ფხვნილების აქტივაციით მიღებული სხვადასხვა დისპერსულობის ფხვნილები შემდგომში გამოყენებულ იქნა კომპოზიციური მასალების მისაღებად.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდის მეშვეობით, შესაძლებელი გახდა საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების მნიშვნელოვანი დაწვრილმარცვლოვანება და საშუალო ზომის შემცირება 80 მკმ-დან 5-10 მკმ-მდე. შედეგები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი პლასტიური მასალების წვრილდისპერსული ფხვნილების მისაღებად, როგორცაა რკინა და სპილენძი, რადგან ასეთი ელემენტების მიკროდისპერსული ფხვნილების მიღება სხვა მაღალტექნოლოგიური მეთოდების გამოყენებით (ელექტროქიმიური, კონდენსირება გაზური ფაზიდან, გაფრქვევა დამცავ არეში) საკმაოდ ძვირადღირებულია.



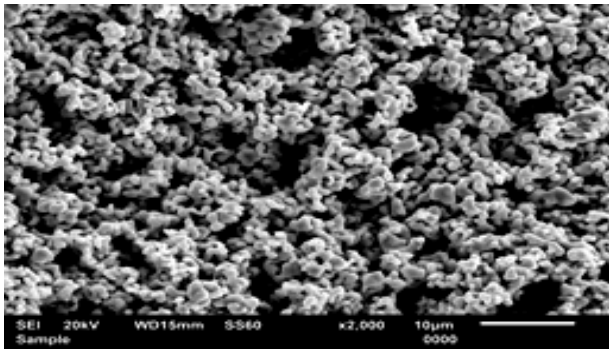
ნახ.2. შემცხვარი (P=400 კგ/სმ²; T=850 °C) ლითონური კომპოზიციური მასალის (Fe-Cu-Ni-Sn) სისაღის დამოკიდებულება საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების დისპერსულობაზე

როგორც მოსალოდნელი იყო, აქტივაციის შედეგად მიღებული წვრილმარცვლოვანი ფხვნილების გამოყენებამ შესამჩნევად გააუმჯობესა მიღებული ცხობილების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები შეცხობის იმავე P – T პირობებში. ლითონური მატრიცის (შემკვრელის) ისეთი ფიზიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება, როგორც

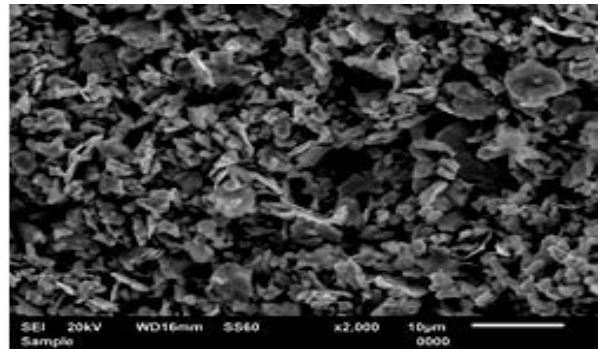
რიცაა სისაღე (ნახ. 2), სიმტკიცე და ა.შ. წარმოადგენს მთლიანად ალმასკომპოზიციური მასალის ექსპლუატაციური პარამეტრების ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს, რადგან, ადგილი აქვს ალმასდაჭერის უნარის და ცვეთამედევობის ამაღლებას.

ცალკე განხილვას მოითხოვს Co-ის ბაზაზე არსებული სისტემები Co, Co– Sn–Ni. ზემოთ მოყვანილი Fe–Cu–Ni–Sn სისტემაში გამოყენებული ფხვნილებისაგან განსხვავებით (>80 მკმ) Co (ძირითადი კომპონენტი), გამოყენებული იყო ულტრადისპერსული მარცვლოვანების (მარკა ПК-1У) ზომით 3 -7 მკმ. შესწავლილი იყო საწყისი ფხვნილების აქტივაციის პროცესის ზეგავლენა Co და Co–Sn–Ni შემადგენლობების მიღებული ცხობილების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე ელექტრონული მიცროსკოპიის მეთოდით. გაანალიზდა საწყისი და აქტივირებული ლითონური ფხვნილის (Co) მორფოლოგია. შესწავლილ იქნა სხვადასხვა სისტემის ცხობილების ფრაქტოგრამები (სურ. 3 - 8). მიღებული შედეგების ანალიზი იძლევა შემდეგი დასკვნების გაკეთების საშუალებას:

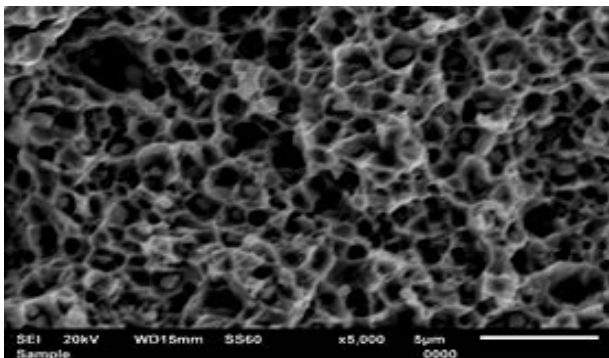
– საწყისი კობალტის ფხვნილი შედგება სფეროიდული ფორმის 3–5 მკმ ზომის მარცვლებისაგან. აქტივაციის პროცესი (50 სთ) მნიშვნელოვნად ცვლის მარცვლების გეომეტრიულ ფორმას. სფეროიდული ფორმა ძირითადად შეიცვალა შესაბამისად ფირფიტოვანი გეომეტრიის მარცვლებით საშუალო ზომებით 1 X 2 X 5მკმ (სურ 4).



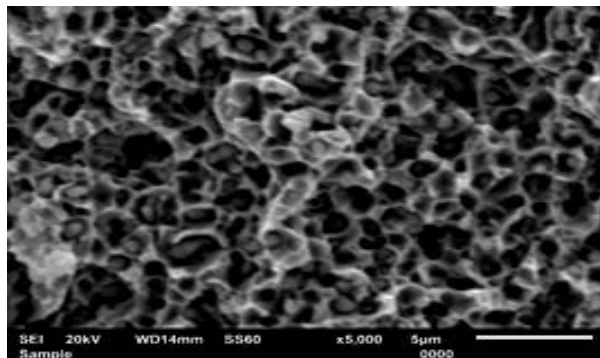
სურ.3. Co საწყისი ფხვნილი



სურ.4. Co საწყისი ფხვნილი აქტივირებული



სურ. 5. შემცხვარი Co

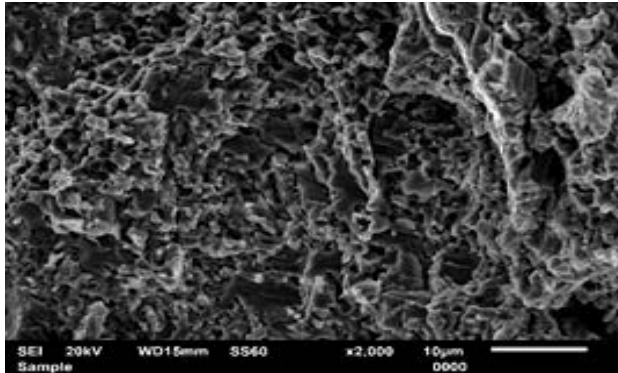


სურ. 6. შემცხვარი Co აქტივირებული ფხვნილი

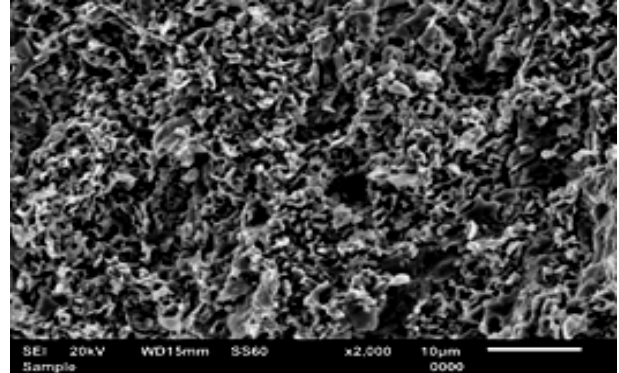
– მყარი შეცხოვის პირობებში ($T = 820 - 880 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 350 \text{ კგ/სმ}^2$) კობალტის ცხოვილი წარმოადგენს ფიქსირებული აღნაგობის მონოლითს ფორების სიდიდე შეადგენს $0,5 - 2 \text{ მკმ}$. კობალტის აქტივირებული ფხვნილისაგან შემცხვარი ნიმუში ხასიათდება ნაკლები ფორიანობით. ამავე დროს წარმოქმნილი ფორები იგივე ზომისაა ($0,5 - 1,5 \text{ მკმ}$). უმნიშვნელოდ მომატებულია სიმკვრივე; რაც შეეხება ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს, გამოიხატება $1 - 2$ ერთეულით მომატებულ სისაღეში (სურ. 7).

– სურ. 7, 8-ზე წარმოდგენილია Co–Sn–Ni სისტემის შემადგენლობის ცხოვილები. აქტივირებული ფხვნილებით მიღებული Co–Sn–Ni სისტემის ცხოვილის ნიმუშები ხასიათდებიან შედარებით უფრო მაღალი ერთგვაროვნებით. შეიმჩნევა ტენდენცია უფრო წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურისაკენ. ამავე დროს, ნიმუშების სისაღეები მომატებულია $3 - 4$ ერთეულით.

გარდა გრანულომეტრიული და მორფოლოგიური ცვლილებებისა, რომელსაც ადგილი აქვს საწყისი კომპონენტების – ლითონური ფხვნილების წისქვილებში (ბურთულებიანი და პლანეტარული) დამუშავების შემდეგ, ე.წ. „აქტივირებული“ Fe-ისა და Co-ის ფხვნილების გამოყენებისას აღმასკომპოზიციური მასალის შესაცხოვად, გამოვლინდა რიგი მნიშვნელოვანი გარემოებებისა;



სურ.7. შემცხვარი Co – Sn – Ni



სურ.8. შემცხვ. Co–Sn–Ni აქტივირებული ფხვნილით

კერძოდ, „აქტივირებული“ ფხვნილების გამოყენებისას მატულობს კაზმის პრესვადობა და შესამჩნევ ფარგლებში $15 - 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -ით მცირდება კომპოზიციის შეცხოვისათვის საჭირო ტემპერატურა. საჭირო ოპტიმალურ ტემპერატურაში იგულისხმება ტემპერატურის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელზეც შესაძლებელია დაგვამილი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების მიღება. ეს ფაქტი კარგ თანხვედრაშია [4] მოყვანილ მონაცემებთან, სადაც ნაჩვენებია, რომ პლანეტარულ, ცენტრიდანულ წისქვილში დამუშავებული, აქტივირებული ფხვნილების შეცხოვის პროცესის აქტივაციის ენერგია მცირდება. უმარტივესი მიახლოებითი შეცხოვის პროცესი განხილულია, როგორც მყარ ტანებში ქიმიური რეაქციის შემთხვევა და ამიტომ, შესაძლებელია მასზე ქიმიური კინეტიკის კანონების მისადაგება. არენიუსის კანონი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$\rho = \rho_0 e^{E/RT}$$

სადაც ρ – შემცხვარი მასალის სიმკვრივეა; ρ_0 – უფრო მასალის სიმკვრივე; E – შეცხოვის პროცესის აქტივაციის ენერგია, T – შეცხოვის ტემპერატურა. ამ ფორმულით გათვლილი შეცხოვის აქტივაციის ენერგია საწყისი კობალტის ფხვნილით და აქტივირებული კობალტის ფხვნილით შეადგენს $10,4$ და $9,7 \text{ კჯ/მოლი}$ შესაბამისად

[5]. მიღებული შედეგები თანხვედრაშია ლიტერატურაში არსებულ მწირ მონაცემებთან, ხოლო მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია კონკრეტული ლითონური სისტემებისათვის რეალური ტექ. პროცესების შესამუშავებლად.

ლიტერატურა

1. Zeren M., Karagoz S. Sintering of polycrystalline diamond cutting tools. //Mater.Design., 2007, 28, pp.1055-1058.
2. Webb S.W. Diamond retention in sintered cobalt bonds for stone cutting and drilling. //Diamond Relat. Mater., 1999, 8, pp. 2043-2052.
3. De Oliveira I.J., Bobrovnichii G.S., Figuera M. Processing and characterization of impregnated diamond cutting tools using a ferrous metal matrix. // Int. J. Refract. Met. Hard Mater., 2007, pp.328-335.
4. Зайцев А.А. Разработка дисперсно-упрочненных наночастицами металлических связок и технологии получения алмазосодержащих сегментов для режущего инструмента. Диссертация на соискание уч.степ. канд.тех.наук., М., 2009, 160с.
5. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. -М., Металлургия, 2001, 688с.

სამუშაო შესრულებულია შ. რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო დაფინანსების (ხელშეკრულება AR – 18 -1911) ფარგლებში.

SUMMARY

SOME TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FABRICATING THE DIAMOND COMPOSITE MATERIAL

Loladze N.T., Tserodze M.P., Avalishvili Z.A., Dzidzishvili I.G. and Nozadze D.A.

Georgian Technical University

The influence of the initial metal powder's dispersion degree and morphology on the sintered diamond composite's metal matrix physic-mechanical characteristics was studied.

As an example using the Fe-Cu-Ni-Sn, Co, and Co-Sn-Ni systems showed that initial metal powder's additional activation regardless their initial grain size, significantly improves the structure and physic-mechanical parameters of the sintered final product.

Keywords: sintered diamond composite's, metal powder dispersion.

ESTIMATION OF PROCESSES RUNNING DURING THERMAL TREATMENT IN SOME COMPOSITIONS OF Na_2CO_3 - SrCO_3 - BaCO_3 - H_3BO_3 - SiO_2 SYSTEM BY MEANS OF IR SPECTROSCOPY

**Gordeladze V.G., Gibradze M.I., Kapanadze M.B., Mshvildadze M.J.,
Loladze T.O. and Keadze N.M.**

Georgian Technical University

Abstract. The article deals with the evaluation of processes running in the range of 373-1373K during obtaining targeted enamels from some blends of five-component system and assessment of the obtained compositions by IR spectroscopy. It is shown that at low temperatures basically sodium, barium and strontium water-containing borates are obtained. In the same interval a liquid phase is formed which, along with the emitted gas, simplifies transfer of the system into homogeneous amorphous (liquid) state in high temperature range. Qualitative rather than quantitative scheme of glass (enamel) production is presented because the individualization of ingredients in the obtained compositions was not possible by IR spectroscopy due to the multi-mineral content of the composites.

Keywords: blend, composition, composite, IR absorption spectrum, borates, enamel, thermal treatment.

In five-component system enamels used for enameling must be selected [1] after experimental testing and first of all, considering the oxide system as a compound through which certain oxide can be added into the enamel blend. Therefore, it became necessary to consider oxide systems (and not the oxide compositions of proposed enamels), the ongoing processes of thermal treatment of the enamels and the obtained results.

The goal of the present work is evaluation of the ongoing processes running during thermal treatment in some compositions of Na_2CO_3 - SrCO_3 - BaCO_3 - H_3BO_3 - SiO_2 system and estimation of the obtained composites by means of IR spectroscopy. Two compositions: №27 with minimum content of SrO + BaO and increased B_2O_3 -a, Na_2 and SiO_2 content and №32 with minimum B_2O_3 content (Table 1) have been studied out of 27 suggested compositions [1]. The table contains oxide content of these compositions, the invariant combination of the points used and enamel blend composition. The prepared was mixed in accordance with the regulations of glass and enamel technology [2]. Carbonates were labeled "Chemically pure" and "Chemically pure for analysis", and for introducing SiO_2 into the blend enriched Novosel quartz sand was used ($\text{SiO}_2 \geq 99.8\%$). Infrared absorption spectra were obtained using FTIR-Fourier transformer infrared spectrometer "TERMO NIKOLET" AVATAR 370, range: $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$, accuracy of measuring $0,5\text{ cm}^{-1}$. The information about blend materials and the equipment used for IR spectroscopy is presented in [11].

Table 1. Content of blends and compositions

Invariant points of composition	Composition content, mol %					Blend composition, mass fraction					Blend №
	Na_2O	SrO	BaO	B_2O_3	SiO_2	Na_2CO_3	SrCO_3	BaCO_3	H_3BO_3	SiO_2	
$S'B'S_2 + NS_2 + B'B$ 30% 30% 40%	13,82	6,41	17,43	22,38	39,96	18,97	11,75	42,94	37,97	29,43	9
$S'BS_2 + NS_2 + B'B$ 40% 40% 20%	16,69	8,15	13,40	10,74	51,02	24,04	15,76	34,84	19,10	39,49	10

The work contains the absorption spectra of the compounds and the composites obtained from their treatment at 773, 973 and 1173K, as it is believed that these temperatures reveal more or less significant changes in the spectrum [3-9].

The results of the spectroscopic evaluation of the constituents, used in our enamel blend, are presented in [11]. This information simplified understanding the IR spectroscopy of products produced during the heat treatment of composites. The IR spectrum of thermally unprocessed blend (Fig. 1) is

characterized by two sharply depicted diffuse bands (3194 cm^{-1} and 1404 cm^{-1}) and a complex outline of absorption in the range of $1200\text{--}650\text{ cm}^{-1}$. The bands in this contour are discrete and two of them are equal in intensity to the diffuse bands (710 cm^{-1} and 663 cm^{-1}). In addition, there are also four slightly intense diffuse bands ($2401, 2381, 2253, 1643\text{ cm}^{-1}$), located in the range of $1600\text{--}2900\text{ cm}^{-1}$. The complex contour begins with a discrete (1196 cm^{-1}) band and ends with two discrete strongly intensive bands ($710\text{ cm}^{-1}, 663\text{ cm}^{-1}$). It is difficult to precisely apply absorption bands in the spectrum to each component of the blend, especially under conditions when some of them are close in magnitude and intensity. That is why the band diffuses to a maximum of 3194 cm^{-1} , since it includes absorption bands characteristic of the molecular, anionic (hydroxyl ion) and, possibly cationic (hydroxonium ion) forms. In addition, water was also used in preparation of the blend.

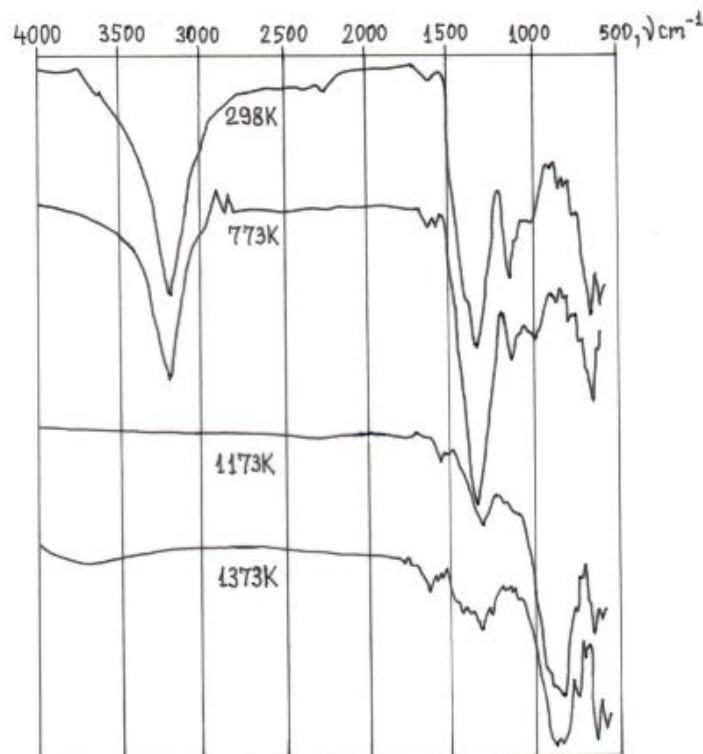


Fig.1. IR spectra of the composition №9 and the products obtained by its thermal treatment

The diffusive nature of the absorption at 1404 cm^{-1} is due to the coincidence of different bands. It includes vibrations of the BO_3 group in condensed borates, characteristic bands of SrCO_3 , BaCO_3 and Na_2CO_3 . Such coincidence appears in other bands too that can be ascertained by comparing blend spectrum with the spectra of including components. In the range of $373\text{--}773\text{ K}$, the IR spectra of the composites obtained by heat treatment at basic temperatures do not significantly differ from the IR spectrum of the blend. One noticeable thing is gradual decrease in the intensity of the absorption band at 3194 cm^{-1} and the appearance of a number of low-intensity bands in the range of $1700\text{--}2650\text{ cm}^{-1}$ of the spectrum. The similarity of the blend and its composites, obtained by its processing at 773 K , can be explained only by the fact that the frequency of atomic vibrations in the composites does not differ significantly from the vibration of atoms in the constituents of the blend compositions. That conclusion should be valid based on the results and the reference data analysis. According to the work [10], a number of invariant points were defined in $\text{H}_3\text{BO}_3\text{--B}_2\text{O}_3$ system by Kracek, Morey and Merwin in 1938. Based on these data, formation of HBO_2 from H_3BO_3 is started in the range of $404\text{--}508\text{ K}$. The part of H_3BO_3 first is melted congruently and then incongruently, forming liquid phase and HBO_2 (I). $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ (II) and $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ (III) eutectics are formed; all of the three HBO_2 modifications are melted and their B_2O_3 eutectics is generated. In the work [10] it is

also noted that in about the same temperature range an interaction between Na_2CO_3 and H_3BO_3 (HBO_2) begins and develops further forming anhydrous and watery borates with different stoichiometric and structure as well as NaOH being the product of Na_2CO_3 partial hydrolysis.

In the range of 773-973K silicates ($\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, BaSi_2O_5 , SrSi_2O_5) are formed, indicated by the absorption bands characteristic for these compounds, which are highly coincidental with the data in [3], although they are represented as glass phase (mainly borate). If there are a number of deviations between the data, it can be explained by the silicates formed in $\text{SrBaSi}_2\text{O}_6$ or SrSiO_3 - BaSiO_3 systems. By our opinion, №9 should be the first of them. After overcooling, in the temperature range of 973-1173K, the mass becomes fully solid amorphous composition (glass) which is still inhomogeneous. This is indicated by the most intense absorption band with the maximum of 920cm^{-1} . This composite reflects initial stage of formation of uniform glass frame at this temperature, when borate and silicate components are still present. The composite is inhomogeneous not only in composition, but also in phase - it also contains gaseous inclusions in the form of H_2O and CO_2 . It is proved by the absorption bands 1381cm^{-1} ($\nu_s\text{CO}_2$), 2350 (ν_{as}), 679 ($\delta_{\text{as}}\text{CO}_2$); 3660cm^{-1} ($\nu_s\text{H}_2\text{O}$), 3756 ($\nu_{\text{as}}\text{H}_2\text{O}$), 1595 ($\delta_s\text{H}_2\text{O}$), etc. These H_2O and CO_2 are not adsorbed on the surface of composite, but are included in mass volume. Gaseous inclusions are also present in the composite treated at 1373 K, although the whole mass of the composition is uniform and it is suitable for enamel production. The spectra of overcooled blend №10 and the composites formed by its treatment are obtained using the same invariant points as of the №9. The ratio of these points was changing in terms of increase of SiO_2 .

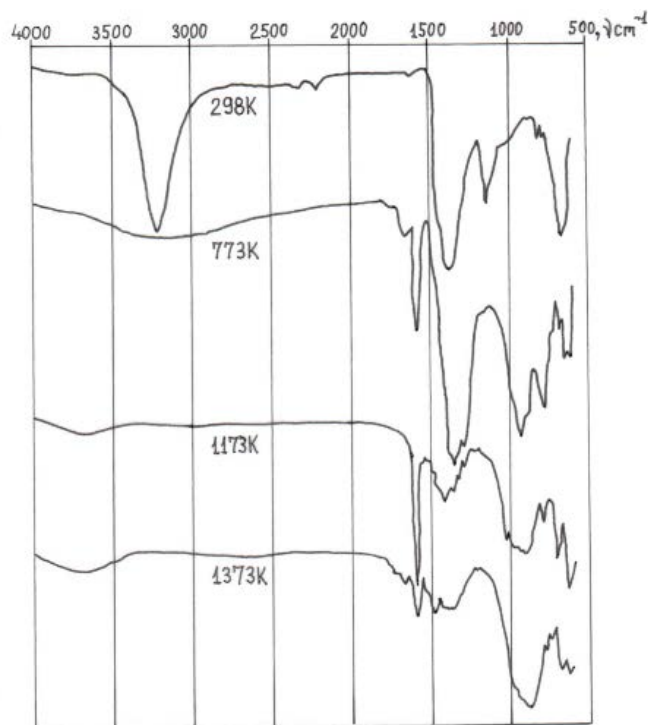


Fig. 2. IR spectra of composition №10 and products obtained by its thermal treatment

By IR spectroscopy it was determined that although some invariant points were to be balanced before melting of the blend, a small amount of SiO_2 was found with the last crystalline compounds which did not impede the process of obtaining easily fusible enamel. Sequence of the processes occurring in Na_2CO_3 - SrCO_3 - BaCO_3 - H_3BO_3 - SiO_2 system after treating some of its blends in the range of 373-1373K can be presented by following scheme:

- In the range of 373-573K a number of boric acid transformations undergo and reactions between the products of this reaction and mainly Na_2CO_3 are initiated by formation of aqueous sodium

of borates. The first portions of liquid phases appear the composition of which is mainly $B_2O_3 - mH_2O$ with a low content of Na_2O and B_2O_3 ;

- In the range of 423-773 K the above mentioned reactions are intensified and formation of R (HCO_3)₂ (R = Sr, Ba) by the influence of H_2O and CO_2 , contained in the system, and crystalline hydrates with the RCO_3 , interacting with the borate component, are initiated. The amount of liquid phase is increased, expressed mainly in $Na_2O - nBa_2O_3$ system with a small content of BaO and SrO, and a number of crystalline hydrates are dehydrated;

- In the range of 773-973 K an interaction of Na, Ba and Sr carbonates and their derivatives with SiO_2 begins and develops and silicates are formed. The amount of the liquid phase is increased due to easily fusible eutectics and its composition is complicated;

- In the range of 973-1173 K the above processes are intensified, some compounds are melted and the eutectics is formed, at 1173 K the main phase is liquid and inhomogeneous and is characterized by a considerable amount of gaseous inclusions;

- In the range of 1173-1373 K the liquid phase in the system becomes inhomogeneous and most of the gaseous phase is removed from the system. The mass is suitable for enamel production.

In the end, it should be noted that the above scheme provides more likely than most accurate description of the processes taking place in the blends, as in most cases the individualization of the ingredients in the multiminerals composites cannot be accomplished by means of IR spectroscopy.

REFERENCES

1. Sarukhanishvili A., Gordeladze V., Andguladze N., Ebanoidze E. 2016. Physical-chemical prediction of glass formation from some compounds of five-component borosilic systems. /GTU Works, No. 1 (495), pp. 51-58.
2. Bragina L.L., Zubekhin A.P., Beliy Y.I. et al. Technology of enamel and protective coatings. -Kharkov, NTU "KhPI" , 2003, 484 p.
3. Lazarev A.N. Vibrational spectra and structure of silicates. -L., 1968, 348 p.
4. Plyusnina I.I. Infrared spectra of silicates. -M.; Moscow State University, 1967, 190 p.
5. Medvedev E.F, Komarevskaya A.Sh. Study of the phase composition of boric acid as a component of a glass blend by IR spectroscopy. Glass and ceramics, No. 2, 2007, pp. 8-12.
6. Medvedev E.F. Features of infrared spectral analysis of a glass-forming mixture containing boric and silica acids. //Glass and Ceramics, 2007, No. 4, pp.7-11.
7. Pye L.D., Frechette V.D., Kreidl N.J. 1978. Borate Glasses. Mat. Sci. Res. V. ie, N.Y. p. 637.
8. Drago R. Physical methods in chemistry. t. 1, -M .; Mir, 1981, 424 p.
9. Nakamoto K. IR and Raman spectra of inorganic and coordination compounds. -M .; Mir, 1991, 505 p.
10. Bezborodov M.A. Synthesis and structure of silicate glasses. -Minsk: Science and Technology, 1968, 452 p.

РЕЗЮМЕ

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ В РЯДЕ КОМПОЗИЦИЙ СИСТЕМЫ $Na_2CO_3 - SrCO_3 - BaCO_3 - H_3BO_3 - SiO_2$ ИК СПЕКТРОСКОПИЕЙ

Горделадзе В.Г., Гибрадзе М.Ю., Капанадзе М.Б., Мшвилладзе М.Дж., Лоладзе Т.О., Кебадзе Н.М.

Грузинский технический университет

В работе представлена оценка протекающих процессов и полученных впоследствии композитов в температурном интервале 373-1773К, при синтезировании целевых эмалей ряда шихт пятикомпонентной системы. Показано, что в низкотемпературном интервале в основном происходит образование водосодержащих боратов натрия, бария и стронция. В этом же интервале образуется жидкая фаза, которая совместно с выделенными в системе парами облегчает перевод системы в однородное аморфное (жидкое) положение в высокотемпературном интервале. Приведена скорее качественная, чем количественная схема образования стекла (эмали), так как с помощью ИК спектроскопии не удалась индивидуализация ингредиентов, входящих в полученные компоненты из-за мультиминеральности этих компонентов.

Ключевые слова: смесь, состав, композитный, ИК эмаль, термическая обработка.

როტორის მანქანის გამტარის ნამზადის მიღების შესაძლებლობა
არაღნობადი ელექტროდების კრისტალიზატორში ლითონების
ელექტროფიზური გამოღობით

სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., ცქიფურიშვილი თ.ზ., აბესაძე შ.ა.

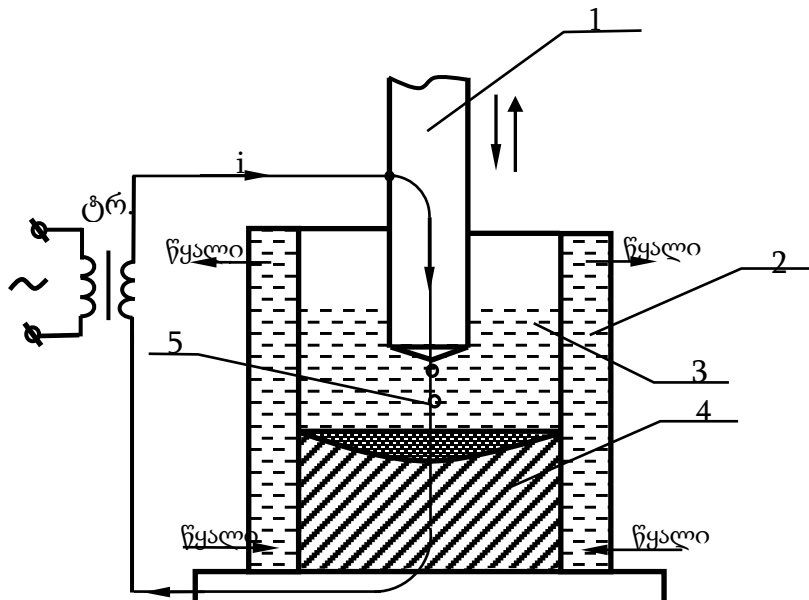
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ელექტროენერგეტიკის შემდგომი განვითარებისათვის აუცილებელია ელექტრო-მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგიის განვითარება, რაც გულისხმობს გაზრდილი იქნას ენერგოდანადგარების ძირითადი დეტალების ტექნიკური სიმტკიცე და შესაბამისად მათი წარმოებისათვის ნამზადების მასალის ხარისხისადმი წაყენებული მოთხოვნები [1].

ელექტრომანქანათმშენებლობაში განსაკუთრებით გაზრდილი მოთხოვნები წაყენება Cr-Ni-Mo-V (ქრომ-ნიკელ-მოლიბდენ-ვოლფრამ) სისტემის ფოლადებს, რომლებიც გამოიყენება სწრაფსვლიანი გენერატორების როტორის წარმოებაში, რომლის ბრუნვის სიჩქარე მაღალია და შეადგენს 3000 ბრ/წთ-ში.

სწრაფსვლიანი როტორის მენიტური გამტარის კონსტრუქციული სიმტკიცის კვლევაში აჩვენა, რომ საიმედოობის საჭირო დონე გენერატორის მუშაობისას უზრუნველყოფილია, როცა როტორის ნამზადის მასალა შეიცავს მინარეგებს (S, P) და არალითონურ ჩანართებს შეზღუდული რაოდენობით, თანაც, როცა არალითონური ჩანართები თანაბრად არის განაწილებული როტორის ნამზადის მთელ მოცულობაში [2].

ეს შესაძლებელია, როცა სწრაფსვლიანი როტორის წარმოებისათვის გაუმჯობესებული ხარისხის მაგნიტური გამტარის ნამზადის ქრომ-ნიკელ-მოლიბდენ-ვოლფრამ სისტემის ფოლადს ღებულობენ ლითონების ელექტროფიზური გადაღობის მეთოდით. რისთვისაც ჩვეულებრივი მეტალურგიული წესით ქრომ-ნიკელ-მოლიბდენ-ვოლფრამ სისტემის ფოლადისაგან, წინასწარ ამზადებენ ელექტროდს, რომლსაც გადაადნობენ ჩვეულებრივი წყლით გაგრილების კრისტალიზატორში (ნახ.1)



ნახ.1. სამრეწველო დნობისათვის დღემდე გამოყენებული ელექტროფიზური გადაღობის დანადგარის და კრისტალიზატორის კონსტრუქციული სქემა

1 - გადასადნობი ელექტროდი; 2 - კრისტალიზატორი; 3 - წიდის აბაზანა; 4 - გადასადნობი სხმული; 5 - ლითონის გამდნარი წვეთი; i - გადაღობის დენი; ტრ-კვების წყარო

გამდნარ წიდაში დენის გატარებით გამოყოფილი სითბოს ხარჯზე, მიიღებენ საჭირო მექანიკური თვისებებისა და სტრუქტურის მქონე სხმულს. მისი, როგორც სწრაფსვლიანი როტორის ნამზადის სპეციალურ ლითონმჭრელ ჩარხებზე დამუშავებით (დაიყვანენ საჭირო დიამეტრამდე, უკეთებენ ღარებს გრაგნილების ჩასაწყობად და სხვა) დებულობენ როტორის ე.წ. მაგნიტურ გამტარს.

საწარმოო პირობებში მიღებული მძლავრი გენერატორების როტორის მაგნიტური გამტარის ნამზადის კონსტრუქციული სიმტკიცე, მასში მინარევების და არალითონური ჩანართების რაოდენობრივი შემცველობა და მათი განაწილება ნამზადის მთელ მოცულობაში გამოკვლეულია ცნობილი რუსი, უკრაინელი და იაპონელი მეცნიერების მიერ. ნაჩვენებია, რომ მაგნე მინარევები (გოგირდი და ფოსფორი) თანაბრადაა განაწილებული ნამზადის მთელ მოცულობაში. მათ შორის გოგირდის შემცველობა მცირდება 5-ჯერ და მეტად, ვიდრე გადასადნობ ელექტროდში. ნამზადის მოცულობაში თანაბრადაა, აგრეთვე განაწილებული არალითონური ჩანართები და უმნიშვნელოდ გაზრდილია მათი საერთო რაოდენობა ელექტროდის მასალაში მათი შემცველობასთან შედარებით. ზემოთ აღნიშნულის გამო, კონსტრუქციული სიმტკიცე როტორის მაგნიტური გამტარის მოყვანილ წაყენებულ მოთხოვნებს სრულად აკმაყოფილებს (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. სწრაფსვლიანი როტორის ნამზადის მასალისადმი წაყენებული ტექნიკური მოთხოვნები

მექანიკური მახასიათებლის დახასიათება	სიმტკიცის ზღვარი σ_B , კგ.მ/მმ	ფარდონითი წაგრძელება δ , %	დარტყმითი სიბლანტე α_{HK} , მ/სმ ²	ფარდობითი შევიწროება, ψ , %	სისალე ბრინელებში, HB
ტექნიკური პირობების მოთხოვნები მექანიკურ თვისებებზე	≥ 72	≥ 85	≥ 15	≥ 45	≥ 240

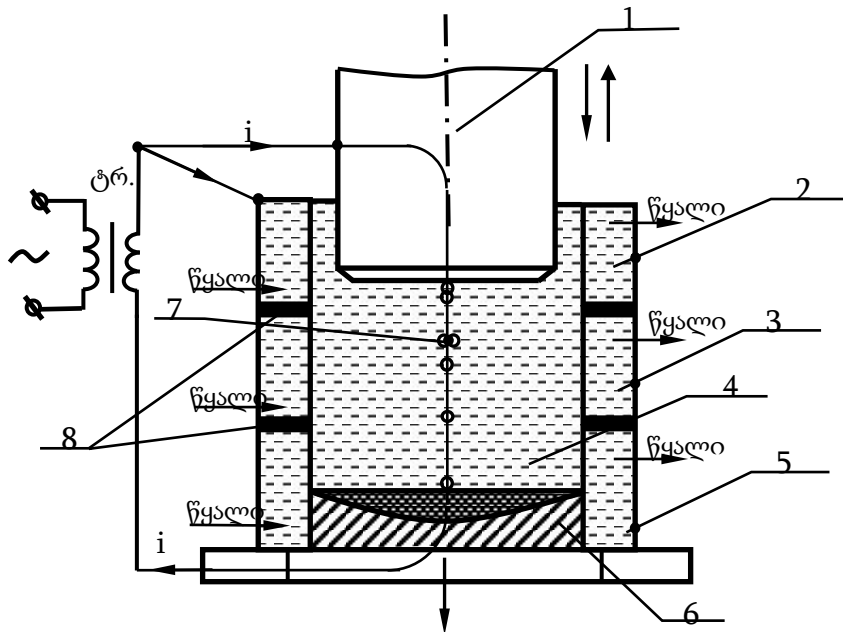
მიუხედავად აღნიშნულისა, სწრაფსვლიანი როტორის მაგნიტური გამტარის ნამზადის სამრეწველო პირობებში მიღების დღეისათვის გამოყენებული ელექტროწიღური მეთოდი ხასიათდება მაღალი თვითღირებულებით. რაც გამოწვეულია იმით, რომ ელექტროწიღური პროცესისათვის დამახასიათებელია ელექტრული ენერჯის დიდი ხარჯი, ამოტომ ორჯერ იზრდება როტორის მაგნიტური გამტარის ღირებულება (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. ელექტრული ენერჯის, წყლის და წიდის მოხმარება ელექტროწიღური გადადნობისას

სხმულის (როტორის ნამზადის) წონა, ტ.	სხმულის დიამეტრი, მმ	ელექტროენერჯის მოხმარება, კვტ/ტ	წყლის მოხმარება, მ ³ /ტ	წიდის მოხმარება, კგ/ტ
1	350	600	60	30
2	450	750	60	30
5	550	900	62	15
10	750	1100	65	15
50	1300	1456	70	15
100	1800	1600	85	20
150	2200	1680	90	25
200	2500	1720	95	30
300	3000	1800	100	35

ელექტროწიღური გადადნობის პროცესში თბური დანადგარების და ელექტრული ენერჯის ხარჯის შემცირების მიზნით სწრაფსვლიანი მაგნიტური გამტარობის

ნამზადის წარმოებისათვის, ჩვენს მიერ, შემოთავაზებულია არადნობადელექტროდებიანი კრისტალიზატორის ორიგინალური კონსტრუქცია (ნახ.2).



ნახ. 2. ახალი არადნობადელექტროდებიანი კრისტალიზატორის კონსტრუქციული და ელექტროწილური გადადნობის დანადგარის სქემა

- 1 – გადასადნობი ელექტროდი; 2 – კრისტალიზატორის ზედა არადნობადი ელექტროდი;
- 3 – კრისტალიზატორის შუა სექცია; 4 – წილის აბაზანა; 5 – კრისტალიზატორის ქვედა არადნობადი ელექტროდი; 6 – გადადნობით მიღებული ცხმული; 7 – ლითონის გამდნარი წვეთი; 8 – სექციებს შორის საიზოლაციო მასალა.

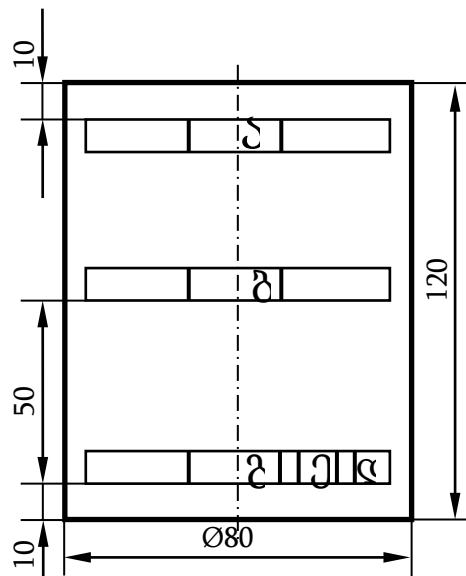
ელექტროწილური გადადნობისასთვის შემოთავაზებული კრისტალიზატორი ორიგინალური კონსტრუქციით, დნობადი და არადნობადი ელექტროდების შეერთების ახალი ელექტრული სქემით, მნიშვნელოვნად განსხვავდება აქამდე არსებულ სამრეწველო დანიშნულების ელექტროწილური გადადნობის დანადგარების შემადგენლობაში შემავალი კრისტალიზატორისაგან. კერძოდ, კრისტალიზატორი აწყობილია ერთმანეთისაგან ელექტრულად იზოლირებული სამი სექციისაგან, რომელთაგან ზედა და ქვედა სექცია ასრულებს არადნობადი ელექტროდების ფუნქციებს, ამასთანავე სამივე სექციას გააჩნია წყლით გაგრილების დამოუკიდებელი სისტემა, ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა ელექტროწილური გადადნობის პროცესში, რისტალიზატორის სხვადასხვა ნაწილში ტემპერატურული სხვაობის გათვალისწინებით, გაგრილების სხვადასხვა ინტენსივობის შერჩევით შემცირებულ იქნას რისტალიზატორის გაგრილებით გამოწვეული თბური დანაკარგები და, აგრეთვე ისიც მნიშვნელოვანია, რომ შემცირებულ იქნას წყლის ხარჯი ელექტროწილური გადადნობის პროცესში. გარდა ამისა, შემოთავაზებული კრისტალიზატორის, კონსტრუქციული თავისებურება შესაძლებელს ხდის დნობადი და არადნობადი ელექტროდი ერთდროულად მიერთებულ იქნას დენის წყაროს ერთიდაიგივე მომჭერთან ე.ი. მათზე მოდებულ იქნას ერთი და იგივე პოტენციალი. ეს საშუალებას იძლევა გაზრდილი იქნას გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი, თითქმის კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრამდე. ამით მცირდება მინიმუმამდე გადაადგილების პროცესში გამდნარი წილის ზედაპირიდან გამოსხივებული სითბური ენერგიის დანაკარგები და იგი იხარჯება მთლიანად გადასადნობი ელექტროდის დამატებით გახურებაზე. შემოთავაზებული კრისტალიზატორით ელექტროწილური გადადნობის პროცესში, თბური ენერგიის ორივე სახის დანახარჯების შემცირება საშუალებას იძლევა შემცირებული

იქნას დღემდე არსებული კრისტალიზატორის გადადნობის პროცესისათვის საჭირო ელექტრული ენერგია, რაც მიზანშეწონილს ხდის ელექტროწიდური გადადნობის დანადგარში გამოყენებული კრისტალიზატორი შეცვლილი იქნას შემოთავაზებული კრისტალიზატორით.

ელექტროწიდური გადადნობის დღემდე სამრეწველო დნობებისათვის გამოყენებული კრისტალი როტორებში წიდის ზედაპირიდან გამოსხივებით თბური დანაკარგები შეადგენს გადაადგილების დახარჯული სასარგებლო ენერგიის 30-40%-ს [2].

კრისტალიზატორის შემოთავაზებულ კონსტრუქციაში, არადნობადი და დნობად ელექტროდებში დენის ერთდროული გავლა წიდის აბაზანაში, მოქმედებს ელექტროდინამიური ძალების სიდიდეზე და გადანაწილებაზე, შესაბამისად განსხვავებულია შერევის პროცესის და დნობად ელექტროდზე წვეთის წარმოქმნის პირობები. ამის გამო საჭიროა გამოკვლეული იქნას შემოთავაზებული კრისტალიზატორით მიღებულ სხმულში მათგან ელემენტების, არალითონური ჩანართების შემცველობა და მათი სხმულის მოცულობაში გადანაწილება.

ნახ. 2-ის მიხედვით შემოთავაზებული კრისტალიზატორის და სამრეწველო დანიშნულების დანადგარის დამზადება ჩვენს შესაძლებლობებს აღემატება, ამიტომ ზემოთ აღნიშნული კვლევების ჩასატარებლად, ჩვენს მიერ დამზადებული იქნა სამრეწველო დანადგარის ლაბორატორიული მოდელი. ამ მოდელში კრისტალიზატორის ზომები შემცირებული იქნა 10-ჯერ, ხოლო შეერთების ელექტრული სქემა და დნობისათვის გამოყენებული წიდა შენარჩუნებული იქნა უცვლელად.



ნახ.3. ელექტროწიდური გადადნობით მიღებულ სხმულში ელემენტების განაწილების კვლევისათვის ნიმუშის აღების ადგილები

ა, ბ, გ – შესაბამისად სხმულის სინჯის აღების ზედა, შუა და ქვედა ადგილი;
 დ, ე – ცენტრიდან რადიუსის და 1/3 რადიუსის დაშორებით სინჯის აღების ადგილი.

კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრის შესაბამისად მიღებულ იქნას სხმული დიამეტრით $\Phi 80$ მმ და სიმაღლით 120 მმ (ნახ. 3). გადადნობილი იქნა $\Phi 75$ მმ დიამეტრის ელექტროდი. გადადნობისათვის გამოყენებული იყო შემდეგი შემადგენლობის წიდა: $60CaF_2 + 20Al_2O_3 + 20SiO_2$.

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში მიღებულ სხმულში (როტორის ნამზადის) საკვლევი ნიმუშების აღების ადგილები, ხოლო მასში ელემენტების განაწილება მოცემულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. როტორის ელექტროწიდურ სხმულში და ელექტროდში ელემენტების განაწილება

№	სხმულში სინჯის ადების ადგილი სხმულის სიმაღლეზე	სინჯის ადების ადგილი სხმულის დიამეტრის დასწვრივ	ელემენტების შემცველობა, %			
			C	P	S	Sc
1		ელექტროდში ელემენტების შემცველობა	0,24	0,010	0,014	0,36
2	სხმულის თავში	სხმულის ცენტრში	0,20	0,013	0,005	0,30
3	სხმულის თავში	სხმულის R/2	0,20	0,013	0,005	0,30
3	სხმულის ძირში	სხმულის ზედაპირზე	0,21	0,011	0,005	0,35
4	სხმულის ძირში	სხმულის R/2	0,22	0,011	0,005	0,35
5	სხმულის ძირში	ცენტრში	0,22	0,012	0,005	0,36

ცხრ. 3-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ გადასადნობი ფოლადის საელექტროდე მასალაში შემავალი ნახშირბადის (C) შემცველობა 0,27%-დან შემცირებულია თანაბრად 0,22%-მდე სხმულის, თავში და ძირში. რაც გამოწვეულია, წვეთების სახით გამდნარი საელექტროდე მასალის გამდნარ წიდაში გავლისას, მისი ამოწვით. მიღებულ სხმულში ფოსფორის (P) შემცველობა საელექტროდე მასალასთან შედარებით 0,010%-დან გაზრდილია 0,013%-მდე. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ამის მიზეზი უნდა იყოს ფოსფორის შედარებით გაზრდილი შემცველობა წიდაში. საიდანაც, ამოწვის გარეშე, იგი გადადის სხმულში. გოგირდის (S) შემცველობა სხმულში თითქმის 3-ჯერაა შემცირებული (0,014%-დან 0,005%-მდე), ამოწვის გამო ელექტროდში მის შემცველობასთან შედარებით ელექტროწიდური გადადნობის პროცესში მისი ამოწვის ინტენსივობა შეიძლება კიდევ უფრო გაეზარდოს წიდაში CaO-ს დამატებით.

სილიციუმის (Si) შემცველობა სხმულის თავში შემცირებულია 0,36%-დან 0,30%-მდე, სხმულის ძირში კი იგი ისევ იზრდება 0,36%-მდე. სხმულის თავში ჟანგბადის შეღწევა უფრო ინტენსიურია, ამიტომ როგორც დაჟანგული რკინის აღმდგენი სილიციუმი SiO₂-ს სახით გადადის წიდაში. სხმულის ძირში ნაკლებად დაჟანგულია რკინის წვეთები და მისი განჟანგვის ინტენსივობა შედარებით დაბალია.

არადნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორში ჩვენს მიერ მიღებული საროტორე ნამზადის სხმულში ელემენტების შემცველობისა და განაწილების კვლევის შედეგი მოცემულია ცხრ. 3-ში, პრაქტიკულად ახლოსაა სამრეწველო პირობებში ჩვეულებრივ დნობად ელექტროდიან სამრეწველო კრისტალიზატორში მიღებული სხმულის კვლევის შედეგებთან [2].

მითითებული ნიშნის მიხედვით, არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში ლითონის ელექტროწიდური გადადნობით მიღებული სხმულის გამოყენების შესაძლებლობის კვლევის მიზნით, ასევე განსაზღვრული იქნა სხმულის თავში და ბოლოში, მის ცენტრში და ცენტრიდან 1/3-ზე არალითონური ჩანართების განაწილება. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 4-ში.

ცხრილი 4. სხმულში არალითონური ჩანართების განაწილება

სხმულზე სინჯის ადების ადგილი		არალითონური ჩანართები %					
სხმულის რადიუსზე	სხმულის სიმაღლეზე	არალითონური ჩანართების საერთო რაოდენობა	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃
ცენტრი	ზევით	0,0060	18,0	75,4	0,1	5,8	0,8
		0,0060	18,0	75,9	0,1	5,5	0,6
	ქვევით	0,0065	18,7	69,6	0,9	10,0	0,8
		0,0065	15,0	78,0	0,9	6,0	0,5
ცენტრიდან 1/3	ზევით	0,0070	30,0	62,6	0,1	6,6	0,8
		0,0070	28,0	64,6	0,1	6,5	0,9
	ქვევით	0,0060	21,0	65,7	0,9	10,8	1,6
		0,0060	20,0	55,5	0,9	12,0	1,6

არალითონურ ჩანართებში იგულისხმება, სხმულში გადადნობის პროცესში წილის შემადგენლობიდან ალუმინის, სილიციუმის ჟანგეულების, ასევე პროცესის დროს წარმოქმნილი რკინის (FeO), მანგანუმის (MnO) და ქრომის (Cr₂O₃) ჟანგეულების მოხვედრილი რაოდენობება. მათ სხმულში გადანაწილების კვლევის შედეგები (ცხრ. 4) მიუთითებს იმაზე, რომ სხმულში არალითონური ჩანართების როგორც საერთო რაოდენობა, ასევე საერთო რაოდენობაში თითოეული არალითონური ჩანართის პროცენტული შემცველობა პრაქტიკულად ემთხვევა როტორის ნამზადის სამრეწველო სხმულში არალითონური ჩანართების საერთო რაოდენობას და თითოეული არალითონური ჩანართის გადანაწილების მონაცემებს [2].

ნახ. 3-ზე მითითებულ ადგილებში ამოჭრილი ნიმუშების მიხედვით განსაზღვრული იქნა ნამზადის სხმულის მექანიკური თვისებები (ცხრ. 5).

ცხრილი 5. ლითონის ელექტროწიღური გადადნობით მიღებული როტორის სხმულის მექანიკური თვისებები

როტორის სხმული	სინჯის ადების ადგილი	σ _{0.2} , კგ/სმ ²	σ _B , კგ/სმ ²	δ, %	ψ, %	HB
	სხმულის ზედა ზედაპირი	74,2	88,5	19,8	51,5	268
	სხმულის 0,5 სიმაღლე	72,2	89,0	20,8	62,3	269
	სხმულის ქვედა ზედაპირი	76,0	89,0	21,6	61,8	267

ცხრ. 1-ის და ცხრ. 4-ის მონაცემების ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში მიღებული ნამზადის მექანიკური თვისებები აკმაყოფილებენ სწრაფსვლიანი როტორის ნამზადის მასალისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს.

ამრიგად, ლაბორატორიული კვლევები იძლევა საფუძველს წინასწარ დავასკვნათ, რომ სწრაფსვლიანი როტორის მაგნიტური გამტარის ნამზადის მიღება შესაძლებელია სამრეწველო დანიშნულების არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში.

ლიტერატურა

1. Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, Г. А. Бойко и др. Получение сверхкрупных заготовок из слитков на основе электрошлаковой технологии. Материалы IV международного симпозиума по процессам электрошлакового переплава. - Киев, Наукова думка, 1975, 300 с.
2. Специальная электрометаллургия. Доклады международного симпозиума по специальной электрометаллургии. - Киев, Наукова думка, 1972, 188 с.

SUMMARY

THE POSSIBILITY OF OBTAINING THE ROTOR'S MAGNETIC CONDUCTOR IN A CRYSTALLIZER WITH NON FUSING ELECTRODES BY ELECTROSLAG MELTING
Silagadze S.R, Zivzivadze L.B., Tskipurishvili T.Z. and Abesadze Sh.A.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The contents of harmful impurities in an obtained non-industrial small-size blank (casting) of the magnetic conductor of a high-speed rotor in the proposed crystallizer has been reduced basically the same as in industrial design. Also, the number and distribution of non-metallic inclusions in the obtained casting is much the same as for the casting obtained in a crystallizer of industrial equipment.

Keywords: melting, magnetic conductor, crystallizer.

მდინარე ხრამის აუზის შახტური ჰუმის მიწისქვეშა წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

ნიკურაძე თ.რ., გვერდწითელი ლ.ვ., სურმაგა ა.ა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

მიწისქვეშა წყლის რესურსების რაციონალური კომპლექსური გამოყენების პრობლემა და წყლის დაცვის ეფექტურობა მოითხოვს ძირითადად ჰიდროქიმიური ინფორმაციის განასახდერულ მოცულობასა და ხარისხს, მისი შესრულების ოპერატიულობას.

მიწისქვეშა წყლები შეადგენს დედამიწის მთელი ჰიდროსფეროს წყლების 42%-ს [1].

მიწისქვეშა მტკნარი წყლების ბუნებრივი რესურსების უდიდეს ნაწილს – 95%-ს (571,7 მ³/წმ – 49,4 მლნ. მ³/დღ.დ.) [2].

მიწისქვეშა წყლები გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, ამიტომ დაცული უნდა იყოს მიწისქვეშა წყლის ობიექტების სანიტარული დაცვის ზონა საქართველოს კანონმდებლობის მიხედვით [3].

მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსება ხდება უპირატესად ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული წყლებით. სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის წყალ-მომარაგება ხორციელდება მდინარე ხრამისა და დებედას მიმდებარედ განლაგებული 7 შახტური ჭიდან მიწისქვეშა წყლის საბადოს ექსპლუატაციის, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ლიცენზიის შესაბამისად.

სამეცნიერო ლიტერატურული წყაროების კვლევის შედეგად მდინარე ხრამის შახტური ჭების მიწისქვეშა წყლების ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის მონაცემები უმწირესია, ამიტომ მდინარე ხრამის აუზის მიწისქვეშა შახტური ჭების წყლის ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მეტად აქტუალურია.

ჩვენს მიერ 2018–2019 წლებში ოთხჯერ ჩატარდა ექსპედიცია, რომლის დროსაც დათვალიერებული და შესწავლილი იქნა მდინარე ხრამისა და დებედას შახტური ჭების მიწისქვეშა წყლების სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემის შახტური ჭა, რომელიც ექსპლუატაციაშია. შახტური ჭებისა სიღრმე არის 30 მეტრი.

ა da 7

2019 წლის აპრილის თვეში აღებულ იყო შერჩეული საანალიზო წერტილებიდან მდინარე ხრამის შვიდი შახტური ჭიდან წყლის სინჯები.

მათი აღება, დაკონსერვება, შენახვა და ტრანსპორტირება, ასევე საველე და ლაბორატორიულ პირობებში წყლის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარება განხორციელდა საერთაშორისო ISO სტანდარტების მიხედვით, რომელთა მონაცემები მოცემულია ცხრილში 1 – 3 [4].

როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს შახტური ჭების წყლის ტემპერატურა შეადგენს 18 °C-ს, ხოლო შახტური ჭა 5 (ხრამი I) წყლის ტემპერატურა არის 15 °C-ს, რაც შეესაბამება მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურულ რეჟიმს ცივს (4–20 °C).

წყლის ყველა სინჯში სიმღვრივე ნორმატივებით დასაშვებ ნორმებზე ნაკლებია და იცვლება 0,06–1,39 მგ/ლ ზღვრებში.

შახტური ჭების წყლის წყალბადური მაჩვენებელი იცვლება 6,89–7,23-მდე (ცხრ. 1), რაც შეესაბამება მიწისქვეშა წყლებისათვის ნორმატივებით დასაშვები ნორმების მნიშვნელობებს (pH =6-9) [5].

ყველა სინჯის წყალში პერმანგანატული ჟანგბადობა 0,64–0,77 მგO₂/ლ ბევრად ნაკლებია ნორმატივებით დასაშვებ ნორმაზე (3 მგO₂/ლ) (ცხრ. 1).

ცხრილი 3. მდინარე ხრამის მიწისქვეშა წყლების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (ხრამი I - შახტური ჭები)

№	გამოსაკვლევი მანქანების	საზომი ერთეული	ნორმატივები არაშეცემს	ხრამი I; შახტურიჭა 1	ხრამი; შახტურიჭა 2	ხრამი; შახტურიჭა 3	ხრამი; შახტურიჭა 4	ხრამი; შახტურიჭა 5	ხრამი; შახტურიჭა 6	ხრამი; შახტურიჭა 7
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
2	E.coli	კწე300 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატიური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 37 ⁰ C	20	0	1.5	17	10	0	4	4
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატიური ანაერობები	კწე1 მლ-ში 22 ⁰ C	100	1	1	15	40	2	12	6
5	<i>Streptococcus faecalis</i>	კწე 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
6	<i>Salmonella</i>	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
7	კოლიფაგები	ნკწე100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

1,3,6 შახტური ჭის (ხრამი I) სიხისტე ძირითადად შეადგენს 3,51–5,29 მგ-ექვ/ლ, ხოლო შახტური 2 ჭის წყლის სიხისტე ტოლია 6,06 მგ-ექვ/ლ, რაც შეესაბამება ხისტს (6,01–9,0 მგ-ექვ/ლ). კალციუმის იონის მაღალი მნიშვნელობა განაპირობებს აღნიშნული სინჯების წყლის სიხისტის მნიშვნელობას. ხრამი I-ის 4,5 შახტური ჭის (მდ. დებედა) და 7 შახტური ჭის წყლის სინჯის სიხისტე (2,74–2,87 მგ-ექვ/ლ) მიეკუთვნება რბილს (1,51–3,0 მგ-ექვ/ლ) (ცხრ. 1) [1,4,5].

წყლის ჰიდროქიმიური ანალიზიდან გამომდინარე 3,4 (ხრამი I-დებედა) შახტური ჭის, წყალი მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმიან ტიპის წყალს, სადაც ჰიდროკარბონატ-იონები იცვლება 95,16 მგ/ლ-დან 173,8 მგ/ლ-მდე, სულფატ-იონები მდებარეობს 72,58 მგ/ლ–197,72 მგ/ლ ზღვრებში, ხოლო კალციუმის იონები აღემატება მაგნიუმისა და ნატრიუმის იონს და ტოლია 41,5 მგ/ლ–91,97 მგ/ლ. ხოლო ხრამი I-ის 5 (დებედა) და მე-6 შახტური ჭის წყალი შედარებით შეიძლება

მივაკუთვნოთ ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან ტიპის წყალს, შესაბამისად HCO_3^- – 109,8 მგ/ლ, 116,51 მგ/ლ (ცხრ. 1).

ძირითადი იონების შემცველობა მიწისქვეშა წყლების ნორმატივებით დასაშვებ ნორმების ფარგლებშია [4,5].

ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ბიოგენური ნივთიერებების კონცენტრაციათა მნიშვნელობა ყველა სინჯის წყალში ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე (ცხრ. 1) [4,5].

შახტური ჭებიდან აღებულ წყლის სინჯებში მიკრო და მაკრო ნივთიერებების კონცენტრაციათა მნიშვნელობა არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს (ცხრ. 2).

მიწისქვეშა წყლებში მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედება და გავრცელება დამოკიდებულია ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე. და წყალშემცველი ქანების ამგებელ მინერალების შემადგენლობაზე, ქვიშებში და კირქვებში მობინადრე მიკროორგანიზმების სახეობაზე [1,3].

მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ყველა სინჯის წყალში საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, *E.coli*-ს კლასის ბაქტერიები, კოლიფაგები, სალმონელა და *Streptococcus faecalis*-ის ბაქტერიები არ აღმოჩნდა. ხოლო მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 37 °C-სა 0–17 კწე/მლ და 22 °C-ის პირობებში 1–40 კწე/მლ ბევრად ნაკლებია ნორმატივებით დასაშვებ ნორმებზე (შესაბამისად 37 °C – 20 კწე/მლ და 22°C –100 კწე/მლ, ცხრ. 3) [4,5].

ამრიგად, მდინარე ხრამის აუზის შახტური ჭების სინჯების წყლების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ წყლის ხარისხი საკვებით შესაბამეა მიწისქვეშა წყლის ნორმატივებით დასაშვებ ნორმებს [5].

ლიტერატურა

1. მიხეილ ღოღობერიძე. წყლის ეკოსისტემები: დაცვა და რაციონალური გამოყენება. – თბილისი, მეცნიერება, 1982.
2. ვაჟა ტრაპაიძე. წყლის რესურსები. -თბილისი, თსუ, 2012, 123 გვ.
3. „წყალმომარაგების წყაროებისა და სასმელ-სამეურნეო დანიშნულების წყალსადენების საინჟინრო დაცვის ზონები“ სანაშადან - 2.14. 000 – 00; ბრძანება 297/6 ; 2001 წლის 16 აგვისტო
4. Г. С. Фомин. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. -Москва, 2000.
5. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი; საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58; 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი.

SUMMARY

RESULTS OF ECOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF GROUND WATERS IN THE KHRAMI RIVER BASIN

Nikuradze T.R., Gverdtiteli L.V. and Surmava A.A.

Georgian Technical University

Institute of hydrometeorology of Georgian Technical University

Ecological and microbiological analysis of ground water samples from wells in the Khrami basin mine was performed in accordance with the results, according to which water quality fully complies with groundwater standards.

Keywords: ground water, Khrami basin, ecological and microbiological analysis.

ეპიდემიის დეტერმინისტული მოდელის შესახებ

მახაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბიოლოგიურ სამყაროში ურთულესი პროცესები მიმდინარეობს. ერთ-ერთი პრობლემაა ამ პროცესების ადეკვატური აღწერისათვის სათანადო მათემატიკური მოდელის აგება. მიუხედავად იმისა, რომ აგებულია საკმაოდ რაოდენობის დეტერმინისტული და ალბათური მოდელი, ჯერ კიდევ შესასწავლია უამრავი პროცესი და ასაგებია შესაბამისი მოდელები. აგებულია მაგალითად, დეტერმინისტული და ალბათური მოდელები ბიოლოგიაში, ქიმიაში, ფიზიკაში, მედიცინაში, ეკოლოგიაში და სხვ. [1-3]. ამ მოდელების მოდიფიცირება, ახალი მოდელების აგება და მოდელების პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზი დღესაც ინტენსიურად მიმდინარეობს მსოფლიოს წამყვან სამეცნიერო ცენტრებსა და უნივერსიტეტებში.

ნაშრომში მოტანილია ეპიდემიის გავრცელების ერთი დეტერმინისტული მოდელის უცნობი პარამეტრის სტატისტიკური შეფასება, აგებულია ლოგარითმული მოდელი და შეფასებულია პოპულაციის ინდივიდთა რაოდენობის ნახევრის დაინფიცირების დრო.

განვიხილოთ ინდივიდთა რაიმე პოპულაცია. ვთქვათ, დროის $t \geq 0$ მომენტში გარკვეული დაავადებით პოპულაციის არაინფიცირებულთა რაოდენობაა $X(t)$, ხოლო ინფიცირებულთა რაოდენობა არის $Y(t)$. ვიგულისხმობთ სიმარტივისათვის, რომ დროის განსახილავ შუალედში $0 \leq t \leq T$. პოპულაციაში ინდივიდთა რაოდენობა არ იცვლება – არ ხდება დაბადების და გარდაცვალების შემთხვევების გათვალისწინება. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა პოპულაციის ინდივიდების ცვალებადი რაოდენობის (დამატებული და გამოკლებული ინდივიდების) საშუალო მნიშვნელობების გათვალისწინება მოდელის აგებაში, რაც დამატებით ცდების ჩატარებას მოითხოვს.

ეპიდემიის პროცესის (გავრცელების) დეტერმინისტული მოდელი წარმოადგენს დროის ფუნქციას, რომელშიც არ არის გათვალისწინებული შემთხვევითობა. ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების თეორიის გამოყენებით $X(t)$ და $Y(t)$ სიდიდეებისათვის აგებულია შემდეგი დეტერმინისტული მოდელები [1]:

$$X(t) = \frac{X(0)(X(0)+Y(0))}{X(0)+Y(0)e^{\alpha(X(0)+Y(0))t}} \quad (1)$$

$$Y(t) = \frac{Y(0)[X(0)+Y(0)]e^{\alpha(X(0)-Y(0))t}}{e^{\alpha(X(0)-Y(0))t} + X(0)} \quad (2)$$

(1) და (2) მოდელებში იგულისხმება, რომ $X(0)$ და $Y(0)$ სიდიდეები ცნობილია, ხოლო ინფიცირების სიჩქარის α პარამეტრი უცნობია.

შევაფასოთ უცნობი α პარამეტრი, მაგალითად, (1) ფორმულის გამოყენებით. ამისათვის ვიგულისხმობთ, რომ ჩატარებულია n რაოდენობის ცდა ინდივიდების დაინფიცირების შესახებ. ვთქვათ, ამ ცდების შედეგები მოცემულია შემდეგი შერჩევის სახით

$$(t, X) = (t_1, X(t_1)), \dots, (t_n, X(t_n)) \quad (3)$$

(1) ფორმულის მარტივი გარდაქმნებით და გალოგარითმებით ადვილად მივიღებთ უცნობი პარამეტრის შემდეგ ცხად გამოსახულებას:

$$\alpha = \frac{1}{(X(0)+Y(0)) \cdot t} \ln \frac{X(0)[X(0)+Y(0)] - X(t)X(0)}{X(t)Y(0)} \quad (4)$$

(3) შერჩევის გამოყენებით და (4) გამოსახულების გათვალისწინებით გვექნება:

$$\alpha_i = \frac{1}{t_i(X(0)+Y(0))} \ln \frac{X(0)[X(0)+Y(0)] - X(t_i)X(0)}{X(t_i)Y(0)}$$

სადაც $i = 1, \dots, n$. ამრიგად, უცნობი α პარამეტრის შეფასებად შეიძლება გამოვიყენოთ შერჩევით საშუალო

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (5)$$

თუ α პარამეტრის (5) შეფასებას შევიტანთ არაინფიცირებული და ინფიცირებული ინდივიდების დროში ევოლუციის აღმწერ (1) და (2) დეტერმინისტული მოდელების გამოსახულებებში, მაშინ ექსპერიმენტატორ ეპიდემიოლოგს შეუძლია შეაფასოს $X(t)$ და $Y(t)$ სიდიდეების რიცხვითი მნიშვნელობები დროის ნებისმიერ $t > 0$ მომენტში.

შევნიშნოთ, რომ α პარამეტრის შეფასება შეიძლება მივიღოთ აგრეთვე (2) გამოსახულების გამოყენებით.

დაბოლოს, ბუნებაში მიმდინარე შემთხვევითი პროცესების აღწერასა და სათანადო მოდელების აგებაში კერძოდ, ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესების ანალიზში არსებითად გამოიყენება რეგრესიული ანალიზისა და დროითი მწკრივების თეორიის მეთოდები. ჩვენ მიერ აგებულია $X(t)$ პროცესის ლოგარითმული მოდელი და შეფასებულია პოპულაციის ინდივიდთა საერთო რაოდენობის, ანუ $X(0)+Y(0)$ სიდიდის ნახევარი რაოდენობის დაინფიცირების დროის მომენტში.

ვთქვათ, გვაქვს (3) შერჩევით მოცემული დროითი მწკრივი, ანუ $X(t)$ პროცესის მნიშვნელობები დროის t_1, \dots, t_n მომენტებში $X(t_1), \dots, X(t_n)$. დროითი მწკრივების თეორიაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მოდელია ე.წ. ლოგარითმული მოდელი, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$X(t) = A \cdot B^t \cdot \xi(t), \quad (6)$$

სადაც A, B და $\xi(t)$ მოდელის უცნობი პარამეტრებია. ამ პარამეტრების შეფასებები მიიღება უმცირეს კვადრატთა მეთოდისა და წრფივი რეგრესიის გამოყენებით.

განვიხილოთ (6) ტოლობის ორივე მხარის ნატურალური ლოგარითმი. გვექნება:

$$\ln X(t) = \ln A + t \ln B + \ln \xi(t) \quad (7)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$\ln X(t) = x(t), \quad \ln A = a, \quad \ln B = b, \quad \ln \xi(t) = \varepsilon(t).$$

მაშინ (7) ტოლობიდან გვექნება

$$x(t) = a + b \cdot t + \varepsilon(t) \quad (8)$$

$x(t)$ ცვლადის (8) წრფივი განტოლების უცნობი a და b კოეფიციენტების შეფასებებს უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით აქვს შემდეგი სახე:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i x(t_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n x(t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right)^2} \quad (9)$$

$$\hat{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(t_i) + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right) \hat{b} \quad (10)$$

ამრიგად, $x(t)$ -ს შერჩევითი რეგრესიის წრფის განტოლებას ანუ წრფივი ტრენდის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\hat{x}(t) = \hat{a} + \hat{b} \cdot t, \quad (11)$$

სადაც \hat{a} და \hat{b} სიდიდეები განისაზღვრება (10) და (11) ფორმულებით. რაც შეეხება (8) განტოლებაში $\varepsilon(t_i)$, $i = 1, \dots, n$, სიდიდის შეფასებას, ეს ხდება შემდეგნაირად:

განვიხილოთ $x(t)$ ცვლადის პროგნოზირებული მნიშვნელობები (11) განტოლების გამოყენებით:

$$\hat{x}(t_i) = \hat{a} + t_i \hat{b}, \quad i = 1, \dots, n$$

და განვსაზღვროთ ე.წ. ნაშთები

$$e(t_i) = x(t_i) - \hat{x}(t_i), \quad i = 1, \dots, n$$

რომელიც გამოიყენება $\varepsilon(t_i)$ პარამეტრის შესაფასებლად. ამ პარამეტრს საპროგნოზო (11) განტოლების სიზუსტე ეწოდება და მისი კვადრატების ჯამი $\varepsilon^2(t) + \dots + \varepsilon^2(t_n)$ ფასდება ნაშთების კვადრატების ჯამით $e^2(t) + \dots + e^2(t_n)$.

დასასრულს, აღვნიშნოთ T-თი დროის ის მომენტი, როცა არაინფიცირებულ ინდივიდთა რაოდენობა გაუტოლდება პოპულაციის ინდივიდთა რაოდენობის ნახევარს. ვთქვათ $X(0) > Y(0)$. გვაქვს:

$$\ln X(t) = \hat{a} + T \cdot \hat{b}$$

$$X(t) = e^{\hat{a} + T \cdot \hat{b}}$$

$$\frac{1}{2} (X(0) + Y(0)) = e^{\hat{a} + T \cdot \hat{b}}$$

საიდანაც გვექნება:

$$T = \frac{1}{\hat{b}} \left[\ln \frac{X(0) + Y(0)}{2} \right] - \hat{a}$$

ლიტერატურა

1. ჩილაჩავა თ., დიდიგური ც. მათემატიკური მოდელირება. -თბილისი, 2018, 440 გვ.
2. Khechinashvili Z., Dochviri B., Tkemaladze G. On a Kinetics of a Multimolecular Chemical Reaction. International Journal of Scientific and Engineering Research, vol. 8, 2017, pp.1030-1033.
3. Дочвири Б., Ткемаладзе Г., Махашвили К. О кинетике биомолекулярной химической реакции. //Georgian Engineering News, 2015, №4, сс. 100-103.

SUMMARY

ON DETERMINISTIC MODELS OF EPIDEMY

Makhashvili K.A., Tkemaladze G.Sh. and Dochviri B.M.

Georgian Technical University

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Statistical evaluation of an unknown parameter of one of the deterministic models of epidemic distribution is suggested. The logarithmic model of epidemic distribution is constructed; the time of infesting half of the population is estimated.

Keywords: deterministic model, epidemic, statistical evaluation.

КОНДЕНСАЦИЯ ГАЛОГЕНГЛИКОЗИДОВ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ АМИНАМИ

Сидамонидзе Н.Н., Гахокидзе Р.А., Вардиашвили Р.О., Пирцхელიანი Н.А.

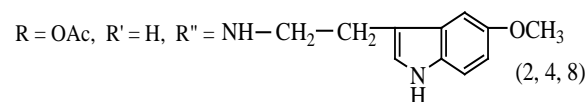
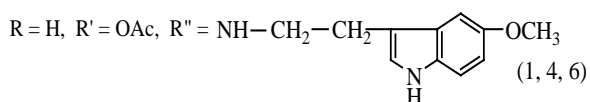
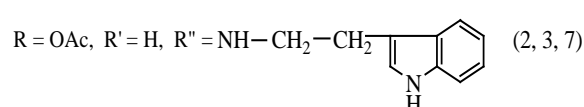
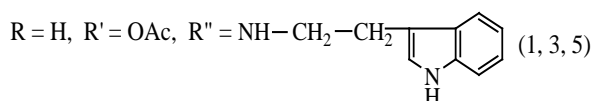
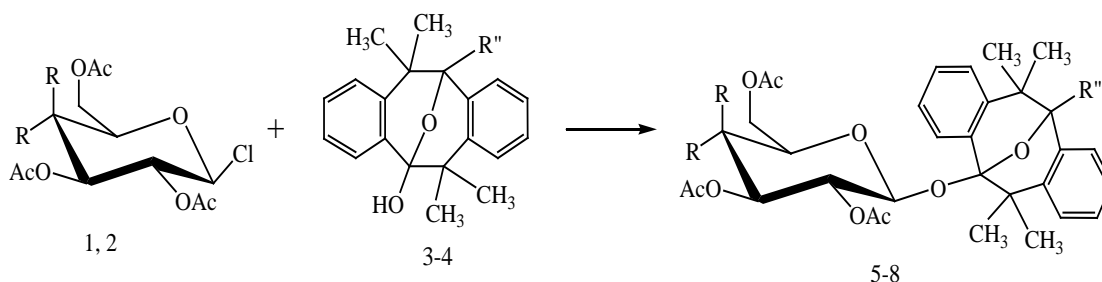
Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

В ряду производных углеводов найдено значительное количество веществ, которые применяются в медицине в качестве лекарственных средств различного назначения. Химическая модификация известных лекарственных препаратов на основе углеводов является одним из перспективных направлений в поиске новых биологически активных веществ [1]. Модифицированные производные сахаридов находят в настоящее время широкое применение в медицине, например, в качестве эффективных противовирусных и противораковых препаратов [2]. В этом плане среди углеводов выгодно отличаются гликозилгалогениды, которые служат исходными соединениями для синтеза разнообразных производных сахаров по гликозидному центру [3].

В ряде работ, выполненных ранее [4,5], изучены реакции конденсации 1-хлор-2,3,4,6-тетра-О-ацетил- α -D-глюкопиранозы и 1-хлор-2,3,4,6-тетра-О-ацетил- α -D-галактопиранозы с гетероциклическими аминами. Синтезированы соответствующие 1,2-*транс*-гликозиды.

В продолжении этих работ нами осуществлен синтез триптамин- и метилтриптамин-содержащих 1,2-*транс*-гликозидов. Путем конденсации 1-хлор-2,3,4,6-тетра-О-ацетил- α -D-глюкопиранозы (1) и 1-хлор-2,3,4,6-тетра-О-ацетил- α -D-галактопиранозы (2) с 4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-триптамин-5-олом (3) и 4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-(5-метокситриптамин)-5-олом (4) синтезированы: 5-О-(2,3,4,6-тетра-О-ацетил- β -D-глюкопиранозил)-4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-триптамин (5), 5-О-(2,3,4,6-тетра-О-ацетил- β -D-глюкопиранозил)-4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-5-метокситриптамин (6), 5-О-(2,3,4,6-тетра-О-ацетил- β -D-галактопиранозил)-4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-триптамин (7), 5-О-(2,3,4,6-тетра-О-ацетил- β -D-галактопиранозил)-4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenзо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-5-метокситриптамин (8).

Реакцию проводили при температуре 30-35^oC в присутствии катализатора – свежеприготовленного карбоната серебра в эфирном растворе. Ход реакции контролировали методом тонкослойной хроматографии. Реакции продолжались в основном 12-14 часов. В результате, в основном получали 1,2-*транс*-гликозиды (5-8), хотя в малом количестве обнаруживали также наличие 1,2-*цис*-изомера. Цис-транс изомеры разделяли на колонке.

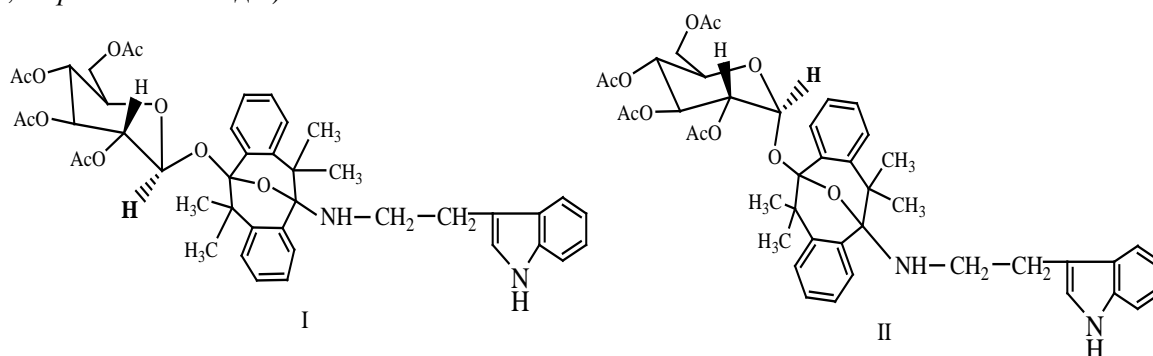


С целью теоретического обоснования направления указанных реакции мы провели квантово-химические расчеты.

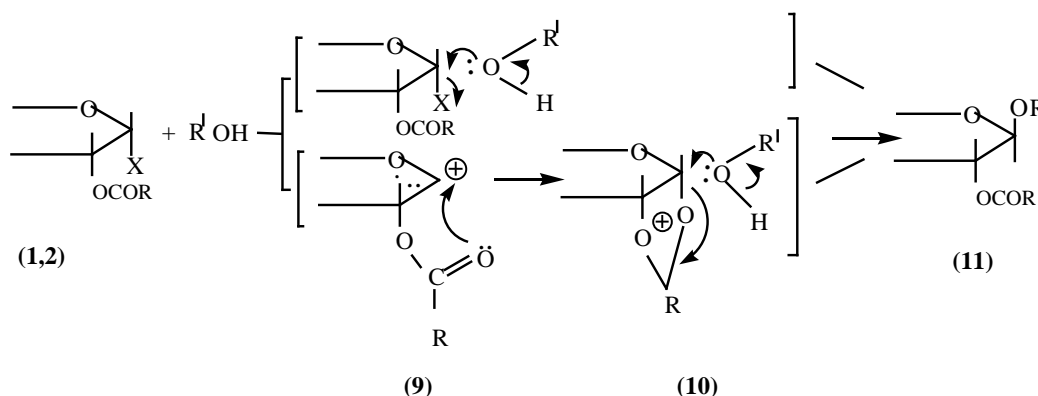
Расчеты выполнены с использованием CS MOPAC2000 Version 1.11. Перед каждым расчетом методом AM1 (Austin Model 1) производилась оптимизация соединения – минимизация энергии, как методом молекулярной механики (ММ), так и квантово-химическим методом [5].

В качестве модельной была выбрана реакция конденсации 1-хлор-2,3,4,6-тетра-*O*-ацетил- α -*D*-глюкопиранозы (1) с 4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-дibenzo-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-*N*-(4-метилпиазолилэтиламино)-5-олом (5). Рассмотрены две возможные пути протекания реакции: с образованием 1,2-*транс*-глюкозида (структура I) и с образованием 1,2-*цис*-глюкозида (структура II).

Расчет теплоты образования продуктов реакции показал, что преобладает вероятность возникновения продукта I структуры, $\Delta H_{\text{образ.}} = -922.77$ кдж/моль (продукт II структуры $\Delta H_{\text{образ.}} = -844.88$ кдж/моль), что подтверждается данными ПМР-спектроскопии. В ПМР-спектрах полученных соединений 5 и 8 сигналы аномерного протона H-1 связанного с C-1, расположены в области $\delta = 4.45$ -5.60 и расщеплены в результате взаимодействия с атомами водорода при C-2 на две линии с константой спин-спинового взаимодействия $J_{1,2} = 8,0$ Гц. Эта величина характерна для аксиально-аксиального расположения взаимодействующих атомов (1,2-*транс*-гликозиды).



Механизм получения 1,2-*транс*-гликозидов из α -хлорпроизводных (1,2) сахаров можно объяснить таким образом: атом галоида в ацилгалогенозах легко подвергается нуклеофильному замещению. Нуклеофильное замещение при гликозидном центре может протекать как по механизму S_N1 , так и по механизму S_N2 . В соответствии закономерностями стереохимии этих реакции, одновременно с замещением может протекать частичная или полная рацемизация при гликозидном центре или обращение конфигурации. Нуклеофильное замещение в производных циклических форм сахаров протекает с участием соседней ацилокси группы. Конденсация с обращением конфигурации при C1 приводит к 1,2-*транс*-гликозидам. Образующийся при этом гликозил-катион (9) немедленно стабилизируется внутримолекулярной нуклеофильной атакой сложноэфирной группы при C2 с образованием циклического иона (10). Атака спирта на гликозидный центр этого иона ведет к 1,2-*транс*-гликозидам (11). Реакция протекает без выделения аномерных смесей (стереоспецифично), благодаря стереохимическому контролю за счет участия соседней ацилокси группы:



Строение синтезированных соединений также подтверждено данными ИК- и ЯМР ¹³C и ЯМР¹H спектрометрического анализа.

В спектре ЯМР ¹³C наблюдается сигналы углеродных атомов гем-диметилловых групп со сдвигом 24,34 м.д. и 24,13 м.д. (2C (CH₃)₂) и 46,52 м.д. и 44,74 м.д. (2C (CH₃)₂); 45,22-156 м.д. и 46,9-150,7 м.д. (C₁₋₈ циклооктальное кольцо); 125.2, 121.0, 127.2, 108.4 (C_{1'-4'} бензольное м.д. ядро I), 118.8, 122.43, 116.05, м.д. 120.22 (C_{1'-4''} бензольное ядро II); 41.2 м.д. и 49,6 м.д. (NH-CH₂-); 32.7 м.д. и 18,6 м.д. (NH-CH₂-CH₂-), 159.7 м.д. и 160.3 м.д. (-C=C-), 70,02 м.д. и 66.8 м.д. (-N=CH-) и т.д. ЯМР ¹³C спектры некоторых синтезированных соединений представлены в таблице.

Соединение	Химические сдвиги (CDCl ₃), δ, м.д.
5	95.5 (C-1), 78.5 (C-2), 75.9 (C-3), 72.3 (C-4), 70.2 (C-5), 63.0 (C-6), 167-171.5 (4COCH ₃), 12.2-21.4 (4COCH ₃), 46.52 и 44.74 (2C(CH ₃) ₂), 24.34 и 24.13 (2C(CH ₃) ₂ гем-диметилловая группа), 156.8, 138.5, 59.8, 45.4, 153.2, 133.6, 64.2, 45.22 (C ₁₋₈ циклооктальное кольцо), 124.39, 120.28, 133.93, 113.87 (C _{1'-4'} бензольное ядро I), 120.61, 129.69, 119.05, 125.73 (C _{1'-4''} бензольное ядро II), 49.6 (NH-CH ₂ -), 32.7 (NH-CH ₂ -CH ₂ -), 161,6 и 163.63 (-C=C-), 70.2 (-N=CH-).
6	104.8 (C-1); 77.4 (C-2); 79.2 (C-3); 74.0 (C-4); 69.6 (C-5); 61.2 (C-6); 169-173.5 (4COCH ₃); 18.24.6 (4COCH ₃); 46.52 и 44.74 (2C(CH ₃) ₂); 24.34 и 24.13 (2C(CH ₃) ₂ гем-диметилловая группа); 155.8; 140.2; 63.4; 46.5; 153.2; 132.5; 64.8; 43.54; (C ₁₋₈ циклооктальное кольцо); 124.3; 120.2; 133.9; 112.8 (C _{1'-4'} бензольное ядро I); 120.6; 129.9; 118.05; 125.7 (C _{1'-4''} бензольное ядро II), 40.6 (NH-CH ₂ -); 23.4 (NH-CH ₂ -CH ₂ -); 127.0; 119.7; 119.3; 122.1; 118.8; 135.5 (бензольное ядро индола).
7	95.5 (C-1), 78.5 (C-2), 75.9 (C-3), 72.3 (C-4), 70.2 (C-5), 63.0 (C-6), 167-171.5 (4COCH ₃), 12.2-21.4 (4COCH ₃), 46.52 и 44.74 (2C(CH ₃) ₂), 24.34 и 24.13 (2C(CH ₃) ₂ гем-диметилловая группа), 156.8, 138.5, 59.8, 45.4, 153.2, 133.6, 64.2, 45.22 (C ₁₋₈ циклооктальное кольцо), 124.39, 120.28, 133.93, 113.87 (C _{1'-4'} бензольное ядро I), 120.61, 129.69, 119.05, 125.73 (C _{1'-4''} бензольное ядро II), 49.6 (NH-CH ₂ -), 32.7 (NH-CH ₂ -CH ₂ -), 161,6 и 163.63 (-C=C-), 70.2 (-N=CH-).
8	105.2 (C-1), 78.2 (C-2), 79.1 (C-3), 74.5 (C-4), 68.7 (C-5), 62.0 (C-6), 165.2-170.4 (4COCH ₃), 16.5-22.6 (4COCH ₃), 46.52 и 44.74 (2C(CH ₃) ₂), 24.34 и 24.13 (2C(CH ₃) ₂ гем-диметилловая группа), 150.7, 124.2, 63.0, 49.4, 148.8, 130.2, 61.0, 46.9 (C ₁₋₈ циклооктальное кольцо), 125.2, 121.0, 127.2, 108.4 (C _{1'-4'} бензольное ядро I), 118.8, 122.4, 116.05, 120.22 (C _{1'-4''} бензольное ядро II), 41.2 (NH-CH ₂ -), 18.6 (NH-CH ₂ -CH ₂ -), 159,7 и 160.3 (-C=C-), 66.8 (-N=CH-).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Оптическое вращение измеряли на универсальном сахариметре СУ-3 при 20±2⁰C. Чистоту полученных соединений и значения R_f определяли на Silufol UV-254, используя системы растворителей: хлороформ-метанол 19:1 (система а); хлороформ-метанол 3:2 (система б); хлороформ-метанол 3:1 (система в). Вещества обнаруживали опрыскиванием проявителей: серная кислота-вода 95:5; анилинфталат. ИК-спектры образцов получили на спектрометре UR-20 в таблетках с KBr. Спектры ЯМР ¹³C регистрировали на спектрометре Bruker AM-300 (75,5 и 300 МГц) в деутерохлороформе, а спектры ПМР снимали на спектрометре Bruker WM-250 (250 МГц, CDCl₃), внутренний стандарт – ТМС.

Синтез 1-хлор-2,3,4,6-тетра-О-ацетил-α-D-глюко(галакто)пиранозы (1,2) описано в работе [6], а 4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-добензо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-(триптамин)-5-ол (3) и 4,4,8,8-тетраметил-2,3,6,7-добензо-9-оксабицикло-(3,3,1)-нонан-1-N-(5-метокси-триптамин)-5-ол – получен по методике [7].

5-O-(2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-β-D-გლუკოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეტილ-2,3,6,7-დობენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონან-1-N-ტრიპტამინი (5).) კ სმესი 0.733 გ (0.002 მოლ) 1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-α-D-გლუკოპირანოზი ვ 50 მლ სუხო ეფირი ი 1.13 გ (0.0025 მოლ) სოედინენი 3 დობავლი 0.09 გ სვეჟეპრიგოთვლენო კარბონატი სერებრი. რეაქციუ პროვოდილი ვ ატმოსფერე აზოტი პრი პოსტოიანო პერემეშივანიი ვ ტეჩენი 12 ქოვო (30-35°C). პოსლე ფილტრაციი ი უპარივანიი ფილტრატი, ოსტავიშყი სიროპ რაწვორილი ვ ქლოროფორმე, ობრავტყვავლი აქტივიროვანო უგლემ ი სნოვა უპარივლი ვ ვაკუუმე. პოსლე რაწვორენი ნა კოლონკე (სისტემა ა, სილიკაგელ L 50/100), პოლუქალი ქრომატოგრაფიქსი ქიწყი პროდუქტი ს ვოქოდო 0.87 გ (55.7%), R_f 0.58 (სისტემა ა). ტ.პლ. 163-164°C, [α]_D¹⁷+31.3° (ს 0.6, CHCl₃). ნაიდეო, %: C 67.28; H 5.95; N 3.22; C₄₄H₅₀N₂O₁₁. ვქიწლო, % : C 67.51; H 6.39; N 3.58; იკ-სპექტი (ν, სმ⁻¹): 948-1320 (გემ-დიმეტილოვა გრუპა), 1010, 1220 (C-O-C); 2920 (NH); 1726 (C=O); 580 (C-H_{არომ}); 3315 (ინდოლნა NH-გრუპა).

სპექტი პმპ (δ, მ.დ., J/Гц), TMS: 10.7 (1H, ს, NH-ტრიპტამინი); 7.5-6.8 (12H, მ, პროტონი არომატიქსო ქადრა); 3.0-2.5 (4H, მ, NH-CH₂-CH₂); 1.32 ი 1.41 (12H, ს, გემ-დიმეტილოვი გრუპა, 4CH₃); 4.43 (1H, H-1, დ, J_{1,2} = 8.0); 5.05 (1H, H-2, დდ, J_{2,1} = 8.0, J_{2,3} = 9.5); 3.75 (1H, H-3, დდ, J_{3,2} = 9.5, J_{3,4} = 3.0); 5.20 (1H, H-4, დდ, J_{4,3} = 3.0, J_{4,5} = 9.5); 3.84 (1H, H-5, დდდ, J_{5,4} = 9.5, J_{5,6'} = 5.0, J_{5,6''} = 2.5); 4.11 (1H, H-6', დდ, J_{6,6''} = 12, J_{6,5} = 2.5, CH₂OCOCCH₃); 4.22 (1H, H-6'', დდ, J_{6,6'} = 12, J_{6,5} = 5.0, CH₂OCOCCH₃); 2.21, 2.10, 1.98, 1.93 (12H, მ, 4CO-CH₃); 3.55 (1H, ს, NH).

5-O-(2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-β-D-გლუკოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეტილ-2,3,6,7-დობენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონან-1-N-5-მეოქსიტრიპტამინი (6). ანალოგიქნი ქუტემ პრი კონდენსაციი 0.733 გ (0.002 მოლ) 1-ქლორ-2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-α-D-გლუკოპირანოზი ვ 50 მლ სუხო ეფირი ი 1.17 გ (0.0025 მოლ) სოედინენი 4 ვ პრისუწვთვი 0.09 გ სვეჟეპრიგოთვლენო კარბონატი სერებრი, ვ ატმოსფერე აზოტი პრი პოსტოიანო პერემეშივანიი ვ ტეჩენი 14 ქოვო (30-35°C) სინთეზიროვლი სოედინენი 7 ს ვოქოდო 0.76 გ (46.8%). R_f 0.57 (სისტემა ვ). ტ.პლ. 159-160°C, [α]_D¹⁷ + 37.4° (ს 0.47, CHCl₃) ნაიდეო, %: C 66.38; H 6.11; N 3.14. C₄₅H₅₂ N₂O₁₂. ვქიწლო, % : C 66.50; H 6.40; N 3.44; იკ-სპექტი (ν, სმ⁻¹): 1375-1390 (გემ-დიმეტილოვა გრუპა), 1030-1160 (C-O-C), 2915 (NH), 1710 (C=O), 1430 (CH₃), 590 (C-H_{არომ}).

სპექტი პმპ (δ, მ.დ., J/Гц), TMS: 10.7 (1H, ს, NH-ტრიპტამინი); 7.5-6.8 (12H, მ, პროტონი არომატიქსო ქადრა); 3.0-2.5 (5H, მ, NH-CH₂-CH₂); 1.32 ი 1.41 (12H, ს, გემ-დიმეტილოვი გრუპა, 4CH₃); 4.46 (1H, H-1, დ, J_{1,2} = 8.0); 5.09 (1H, H-2, დდ, J_{2,1} = 8.0, J_{2,3} = 9.5); 3.70 (1H, H-3, დდ, J_{3,2} = 9.5, J_{3,4} = 3.0); 5.13 (1H, H-4, დდ, J_{4,3} = 3.0, J_{4,5} = 9.5); 3.84 (1H, H-5, დდდ, J_{5,4} = 9.5, J_{5,6'} = 5.0, J_{5,6''} = 2.5); 4.11 (1H, H-6', დდ, J_{6,6''} = 12, J_{6,5} = 2.5, CH₂OCOCCH₃); 4.20 (1H, H-6'', დდ, J_{6,6'} = 12, J_{6,5} = 5.0, CH₂OCOCCH₃); 2.08, 2.02, 1.98, 1.96 (12H, მ, 4CO-CH₃); 3.20 (1H, ს, NH).

ანალოგიქნი ქუტემ ბილ სინთეზიროვანი პროივოდნი β-D-გალაქოპირანოზი.

5-O-(2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-β-D-გალაქოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეტილ-2,3,6,7-დობენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონან-1-N-ტრიპტამინი (7). ვოქო 0.79 გ (50.5%). ტ.პლ. 161-162.5°C, R_f 0.59 (სისტემა ვ), [α]_D¹⁶ +37.4° (ს 0.47, CHCl₃). ნაიდეო, %: C 67.92; H 6.61; N C₄₄H₅₀O₁₁N₂. ვქიწლო, % : C 67.51; H 6.39; N 3.58; იკ-სპექტი (ν, სმ⁻¹): 1365-1380 (გემ-დიმეტილოვა გრუპა), 1020-1230 (C-O-C); 2920 (NH); 1720 (C=O); 2977, 1320 (CH₃); 1610(C=C_{არომ}); 3330 (NH ინდოლა).

სპექტი პმპ (δ, მ.დ., J/Гц), TMS: 11.2 (1H, ს, NH-ტრიპტამინი); 4.45 (1H, დ, J_{1,2} = 8.0, H-1); 5.0 (1H, დდ, J_{2,1} = 8.0, J_{2,3} = 9.5, H-2); 3.72 (1H, დდ, J_{3,2} = 9.5, J_{3,4} = 3.0, H-3); 5.20 (1H, დდ, J_{4,3} = 3.0, J_{4,5} = 9.5, H-4); 3.88 (1H, დდდ, J_{5,4} = 9.5, J_{5,6'} = 5.0, J_{5,6''} = 2.5, H-5); 4.14 (1H, H-6', დდ, J_{6,6''} = 12, J_{6,5} = 2.5, CH₂OCOCCH₃); 4.20 (1H, H-6'', დდ, J_{6,6'} = 12, J_{6,5} = 5.0, CH₂OCOCCH₃); 2.21, 2.10, 1.98, 1.93 (12H, მ, 4CO-CH₃); 7.15-7.6 (8H, მ, პროტონი არომატიქსო ქადრა); 3.2-2.2 (4H, მ, NH-CH₂-CH₂); 3.35 (1H, ს, NH); 1.44 ი 1.47 (12H, ს, გემ-დიმეტილოვი გრუპა, 4CH₃).

5-O-(2,3,4,6-ტეტრა-O-აცეტილ-β-D-გალაქოპირანოზილ)-4,4,8,8-ტეტრამეტილ-2,3,6,7-დობენზო-9-ოქსაბიციკლო-(3,3,1)-ნონან-1-N-5-მეოქსიტრიპტამინი (8). ვოქო 0.72 გ (44.5%). R_f 0.37 (სისტემა ბ). ტ.პლ. 149-150°C, [α]_D¹⁹ + 40° (ს 0.37, CHCl₃) ნაიდეო, %: C 66.21; H 6.78; N 3.83. C₄₅H₅₂ N₂O₁₂. ვქიწლო, % : C 66.50; H 6.40; N 3.44; იკ-სპექტი (ν, სმ⁻¹): 1370-1380 (გემ-დიმეტილოვა გრუპა), 1040-1120 (C-O-C), 2923 (NH), 1715 (C=O), 2854, 1627 (CH₃), 580-600 (C-H_{არომ}), 3320 (NH ინდოლა).

Спектр ПМР (δ , м.д., J/Гц), TMS: 11.7 (1H, с, NH-триптамина); 5.60 (1H, д, $J_{1,2} = 8.0$, H-1), 5.28 (1H, дд, $J_{2,1} = 8.0$, $J_{2,3} = 9.5$, H-2), 4.95 (1H, дд, $J_{3,2} = 9.5$, $J_{3,4} = 3.0$, H-3), 5.30 (1H, дд, $J_{4,3} = 3.0$, $J_{4,5} = 9.5$, H-4), 3.94 (1H, ддд, $J_{5,4} = 9.5$, $J_{5,6'} = 5.0$, $J_{5,6''} = 2.5$, H-5), 4.12 (1H, H-6', дд, $J_{6,6''} = 12$, $J_{6,5} = 2.5$, $\text{CH}_2\text{OCOCH}_3$), 4.20 (1H, H-6'', дд, $J_{6,6''} = 12$, $J_{6,5} = 5.0$, $\text{CH}_2\text{OCOCH}_3$), 2.08, 2.10, 1.98, 1.93 (12H, м, 4CO-CH₃), 8.90 7.1-7.4 (8H, м, протоны ароматического ядра), 3.0-2.4 (4H, м, NH-CH₂-CH₂), 3.30 (1H, с, NH), 1.43 and 1.45 (12H, с, гем-диметильных групп), 4CH₃)

ЛИТЕРАТУРА

1. Граник В.Г. Основы медицинской химии. – Москва, Вузовская книга, 2001, сс.101-120.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства, 15-ое издание. -М.: Новая волна, 2007, 1206 с.
3. Кочетков Н.К., Бочков А.Ф., Усов А.И., Чижов Щ.С. Гликозилгалогениды. Химия углеводов. – Москва, Химия, 1967, сс. 70-85.
4. Sidamonidze N.N., Gakhokidze R.A., Ramishvili M.A., Samsonia T.G. Synthesis of New Heterocyclic Galactosides. //Georgian Chemical Journal, 2007, v.7, № 1, pp. 44-48.
5. N.Sidamonidze, R.Vardiashvili, M.Gverdtseteli, R.Gakhokidze. Synthesis of 1,2-trans-Glucosides Containing Dibenzooxabicycloamines. //Chemistry of Natural Compounds, 2009, т.45, № 4, сс. 496-499.
6. K. Freudenberg, K. Soff. Synthesis of 1-chloro-2,3,4,6-tetra-O-acetyl- α -D-galactopyranose. *Ber.*, 1936, v. 69, pp. 1245-1247.
7. Р.М. Лагидзе, Н.Г. Иремадзе, А.С. Кириакиди. Применение 1,2,5,6-дibenzo-3,3,7,7-тетрамethylциклооктандиона-4,8 в качестве N-защитного реагента в пептидном синтезе. //Сообщения АН Груз. СССР, 1983, т.3, N2, сс. 305-308.

SUMMARY

CONDENSATION OF HALOGEN GLYCOSIDES WITH HETEROCYCLIC AMINES

Sidamonidze N.N., Gakhokidze R.A., Vardiashvili R.O. and Pirtskheliani N.A.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

The condensation reaction of 1-chloro-2,3,4,6-tetra-O-acetyl- α -D-gluco(galacto)pyranose with 4,4,8,8-tetramethyl-2,3,6,7-dibenzo-9-oxabicyclo-(3,3,1)-nonan-1-N-triptamin-5-ol- and 4,4,8,8-tetramethyl-2,3,6,7-dibenzo-9-oxabicyclo-(3,3,1)-nonan-1-N-5-methoxytriptamin-5-ol in the presence of the silver carbonate catalyst has been studied the first time. As the experimental result corresponding dibenzooxabicycloaminocontaining 1,2-trans-glucosides have been obtained. Their structure was determined by physical-chemical methods of analysis. In order to justify theoretically the direction of the reactions, quantum-chemical calculations have been performed.

Keywords: condensation, halogen glycosides, heterocyclic amines.

Hg(I) ჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური ბამოკვლევა

გიორგაძე ქ.პ., ქიზიყურაშვილი ვ.ნ, ლობჯანიძე თ.ე., გვერდწითელი მ.ი.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი წარმატებით გამოიყენება მათემატიკურ ქიმიაში მოლეკულებისა და მათი გარდაქმნების (რეაქციების) შესასწავლად [1]. ამ ინდექსების მნიშვნელოვანი ნაწილი აგებულია მოლეკულური გრაფების თანახმარობის მატრიცებისა და მათი მოდიფიცირებული სახეობების ბაზაზე [2]. დღეისათვის არსებული დაახლოებით ექვსი ათეულ ტოპოლოგიურ ინდექსს შორის, შვიდი კონსტრუირებულია მათემატიკური ქიმის ქართული სკოლის მიერ [3].

ტოპოლოგიური ინდექსები $lg(\Delta_{ანბ})$ და $lg(\Delta_{ქანბ})$ აგებულია ანბ- და ქანბ- ქვაში ანბ მატრიცების ბაზაზე და წარმოადგენენ მათი დეტერმინანტების მნიშვნელობების ათობით ლოგარითმებს [4].

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

ანბ- მატრიცის რანგი მოლეკულში შემავალი ატომების რიცხვის ტოლია.

ფორმალურად ქანბ-მატრიცებსაც (I) სახე გააჩნია, მხოლოდ დიაგონალურ ელემენტები წარმოადგენენ მოლეკულის სხვადასხვა სტრუქტურულ ფრაგმენტში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამს, არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობებია ამ სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის. ამგვარად, ქანბ-მატრიცა იკვება არა თვით მოლეკულის, არამედ მისი სტრუქტურული მოდელის ბაზაზე, რაც ნოვატორული მიდგომაა მათემატიკურ ქიმიაში.

ვერცხლისწყლის Hg(I) ჰალოგენიდებისათვის (Hg_2X_2 , სადაც $X \equiv F, Cl, Br, I$) შემუშავებულია სტრუქტურული მოდელი:



სადაც $A \equiv HgX$.

შესაბამისი ქანბ -მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & 1 \\ 1 & Z_A \end{vmatrix} \quad (3)$$

ცხრილში მოყვანილია $lg(\Delta_{ქანბ})$, ΔH^0_{298} , ΔG^0_{298} და S^0_{298} [5]. ამ ნაერთებისათვის.

$lg(\Delta_{ქანბ})$, ΔH^0_{298} , ΔG^0_{298} და $S^0_{298}Hg(I)$ -ჰალოგენიდებისათვის

Hg_2X_2 ,	$lg(\Delta_{ქანბ})$	ΔH^0_{298} , კკალ/მოლი	ΔG^0_{298} კკალ/მოლი	S^0_{298} ეე
Hg_2F_2	3,90	(-71,40)	(-55,90)	(39,70)
Hg_2Cl_2	3,97	-63,35	-50,38	45,80
Hg_2Br_2	4,12	-49,49	-43,34	52,03
Hg_2I_2	4,27	-28,90	-26,47	56,23

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, კომპიუტერზე აგებულია სამიკორელაციური განტოლება:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = 114,8 \lg(\Delta_{კან}) - 519,2 \quad (4)$$

$$\Delta G_{298}^{\circ} = 79,3 \lg(\Delta_{კან}) - 366,8 \quad (5)$$

$$S_{298}^{\circ} = 34,7 \lg(\Delta_{კან}) - 94,0 \quad (6)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი, შესაბამისად ტოლია 0,982; 0,981, 0,983. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმით, კორელაციები დამაკმაყოფილებელია [6]. მონაცემები Hg_2F_2 -სათვის გამოთვლილია თეორიულად, (4)–(6) კორელაციური განტოლებების გამოყენებით. ცხრილში ისინი ფრჩხილებშია მოყვანილი.

ლიტერატურა

1. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. -თბილისი, თსუ გამომც., 1995.
2. M. Gverdtiteli, G. Gamziani, I. Gverdtiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, TV-publ., 1996.
3. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არაორგანული და ორგანული ნაერთის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. თბილისი, "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2018.
4. რ. გოგბერძე, მ. გვერდწითელი. მათემატიკური ქიმიის განვითარება თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში. -თბილისი, განათლება, 2(3), 2015, გვ. 186.
5. М.Х. Карапетянц. Химическая термодинамика. -Москва, Химия, 1975, с.547.
6. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ გამომც. 1982, გვ. 19

SUMMARY

MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF Hg(I) HALIDES

Giorgadze K.P., Kizikurashvili V.N., Lobzhanidze T.E. and Gverdtiteli M.I.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Hg(I) halides were investigated within the scope of QANB- matrices method. Three correlation equations were derived. The correlations are satisfactory.

Keywords: Hg(I), GANB-matrix, satisfactory correlation.

პარბონმჟავების მათემატიკურ-ქიმიური უმსჯავლა ჯანბ-მატრიცების მეთოდის ვარბლებში

გვერდწითელი მ.ი., ქარჩხაბე მ.გ., გვერდწითელი მ.გ.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მათემატიკურ ქიმიაში გამოყენებულ მეთოდებს შორის ტოპოლოგიური ინდექსების მეთოდი ერთ-ერთი ყველაზე უფრო ეფექტურია. ტოპოლოგიური ინდექსების მნიშვნელოვანი ნაწილი აგებულია მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მატრიცისა და მისი მოდიფიცირებული სახეობების ბაზაზე [1-3]. აღსანიშნავია, რომ $lg(\Delta_{ანბ})$ და $lg(\Delta_{ჯანბ})$ ტოპოლოგიური ინდექსების (ისინი შემუშავებულია ქართული მათემატიკური სკოლის მიერ) გამოყენებით შესწავლილია რამდენიმე ათეული ქიმიური სისტემა და მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები. მოკლედ აღვწეროთ ეს ინდექსები:

ნებისმიერი (აციკლური, ციკლური) სამატომიანი ABC-მოლეკულის შესატყვის ანბ-მატრიცას აქვს ასეთი სახე:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

სადაც: Z_A , Z_B და Z_C დიაგონალურ ელემენტებს წარმოადგენენ A, B, C ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები; Δ_{AB} , Δ_{AC} და Δ_{BC} არადიაგონალურ ელემენტებს წარმოადგენენ A~B, A~C, B~C ქიმიური ბმების ჯერადობები.

შემუშავებულია ანბ-მატრიცის გამარტივებული ვარიანტ ჯანბ-მატრიცა (ჯგუფური ანბ-მატრიცა), რომელიც ყოველთვის მეორე რანგისაა [4].

ჯანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში შესწავლილია ერთფუძიანი, ნაჯერი, განუშტოებელი აღნაგობის კარბონმჟავები. ჯანბ-მატრიცა აგებულია შემდეგი მოდელის



საფუძველზე და აქვს ასეთი სახე:

$$\begin{vmatrix} Z_C & 4 \\ 4 & (Z_R + Z_{OH} + Z_O) \end{vmatrix} \quad (3)$$

სადაც: Z_C ნახშირბადის ატომური ნომერია (6), Z_R წარმოადგენს ორგანულ რადიკალში შემავალი ატომების ატომური ნომრების ჯამს.

ცხრილში მოყვანილია $lg(\Delta_{ჯანბ})$, Tღუღ. და d_4^{20} ზოგიერთი მჟავასათვის.

$\lg(\Delta_{ჯანბ})$, $T_{დულ.}$ და d_4^{20} ზოგიერთი მჟავასათვის

მჟავა	$\lg(\Delta_{ჯანბ})$	$T_{დულ.}$ °C	d_4^{20}
HCOOH	1,96	100,7	1,229
CH ₃ COOH	2,15	118,1	1,049
C ₂ H ₅ COOH	2,27	141,1	0,992
C ₃ H ₇ COOH	2,37	163,5	0,952
C ₄ H ₉ COOH	2,46	187,4	0,942

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, კომპიუტერზე აგებულია ორი კორელაციური განტოლება:

$$T_{დულ.} = 240,01\lg(\Delta_{ჯანბ}) - 367,4 \quad (4)$$

$$d_4^{20} = -0,5001\lg(\Delta_{ჯანბ}) + 52,1279,7 \quad (5)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი, შესაბამისად, ტოლია: 0,980 და 0,977. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმის მიხედვით [6], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ლიტერატურა

1. Chemoinformatics. Ed. I. Gastaiger and T. Engel. Willey-VSH, 2003.
2. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. -თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1995.
3. Gverdtseteli M., Gamziani G., Gverdtseteli I. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. -Tbilisi University Press, 1996.
4. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არარგანული და ორგანული ნაერთის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018.
5. А.Н. Несмеянов, Н.А. Несмеянов. Начала органической химии. Кн.1.- Москва, „Химия“, 1969, 162 с.
6. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, 1982, გვ. 19.

SUMMARY

MATHEMATIC-CHEMICAL INVESTIGATION OF CARBON ACIDS WITHIN THE SCOPE OF THE GANB-MATRICES METHOD

Gverdtseteli M.I., Karchkhadze M.G. and Gverdtseteli M.G.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Some carbon acids were investigated within the scope of the GANB-matrices method. Two correlation equations were derived. The correlations are satisfactory.

Keywords: carbon acids, GANB-matrix, correlation equation.

აღდგენის მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა ჯანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში

გვერდწითელი მ.ი., ქარხაძე მ.გ., გვერდწითელი მ.გ.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ტოპოლოგიური ინდექსების მეთოდი კვლევის ეფექტური საშუალებაა. მათემატიკურ ქიმიამი დღესათვის ცნობილია ექვს ათეულზე მეტი ტოპოლოგიური ინდექსი, რომელთა დიდი ნაწილი აგებულია მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მატრიცისა და მისი სხვადასხვა მოდიფიცირებული სახეობის ბაზაზე [1-3]. ქართული მათემატიკური სკოლის მიერ შემუშავებულია შვიდი ტოპოლოგიური ინდექსი. მათგან განსაკუთრებით საინტერესოა $Ig(\Delta_{ანბ})$ და $Ig(\Delta_{ჯანბ})$ – ანბ-მატრიცის და ჯანბ-მატრიცის დეტერმინანტების ათობითი ლოგარითმი [4].

სამატრიცის ABC-მოლეკულის შესატყვისი ანბ-მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

სადაც: Z_A, Z_B და Z_C დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენენ A, B, C ქიმიური ელემენტების ატომურ ნომრებს; Δ_{AB}, Δ_{AC} და Δ_{BC} არადიაგონალური ელემენტები წარმოადგენენ A~B, A~C, B~C ქიმიური ბმების ჯერადობებს.

ზოგიერთი სპეციფიკური აღნაგობის მოლეკულებისათვის შემუშავებულია ჯანბ-მატრიცა (ჯგუფური ანბ-მატრიცა), რომელიც მეორე რანგისაა.

ჯანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში შესწავლილია ნაჯერი ალდეჰიდები. მათთვის ჯანბ-მატრიცა აგებულია შემდეგი მოდელის



ბაზაზე და აქვს ასეთისაზე:

$$\begin{vmatrix} Z_C & 4 \\ 4 & (Z_R + Z_H + Z_O) \end{vmatrix} \quad (3)$$

სადაც: Z_C ნახშირბადის ატომური ნომერია (6), Z_R წარმოადგენს R ორგანულ რადიკალში შემავალი ატომების ატომური ნომრების ჯამს ($Z_{CH} = 9; Z_{C_2H_5} = 17, \dots$)

ცხრილში მოყვანილია $T_{დუღ.}$ და ΔH_f^0 ზოგიერთი ალდეჰიდისათვის.

$Ig(\Delta_{ჯანბ}), T_{დუღ.}$ და ΔH_f^0 ზოგიერთი ალდეჰიდისათვის

ალდეჰიდი	CH ₃ CHO	C ₂ H ₅ CHO	C ₃ H ₇ CHO	C ₄ H ₉ CHO
$Ig(\Delta_{ჯანბ})$	1,96	2,15	2,27	2,37
$T_{დუღ.}, ^\circ C$	2,0	4	76	107
$\Delta H_f^0, კკალ/მოლი$	-39,31	-44,64	-49,49	-64,34

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, კომპიუტერზე აგებულია ორი კორელაციური განტოლება:

$$T_{დულ.} = 2251g(\Delta_{ჯანბ}) - 435 \quad (4)$$

$$\Delta H_f^0 = -38,751g(\Delta_{ჯანბ}) + 38,67 \quad (5)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი, შესაბამისად, ტოლია: 0,980 და 0,979. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმის მიხედვით [7], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ლიტერატურა

1. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. - თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1995.
2. Chemoinformatics. Ed. I. Gastaiger and T. Engel. Willey-VSH, 2003.
3. Gverdtsiteli M., Gamziani G., Gverdtsiteli I. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. -Tbilisi University Press, 1996.
4. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არარგანული და ორგანული ნაერთის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018.
5. Р. Морисон, Р. Бойд. Органическая химия. -Москва, Мир, 1971, 590 с.
6. Д. Стилл, Э. Ернел, Г. Зинке. Химическая термодинамика органических соединений. -Москва, Мир, 1971, 463 с.
7. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, 1982, გვ. 19.

SUMMARY

MATHEMATIC-CHEMICAL INVESTIGATION OF ALDEHYDES WITHIN THE SCOPE OF THE GANB-MATRICES METHOD

Gverdtsiteli M.I., Karchkhadze M.G. and Gverdtsiteli M.G.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Agricultural University of Georgia

Some aldehydes were investigated within the scope of the GANB-matrices method. Two correlation equations were derived. The correlations are satisfactory.

Keywords: aldehydes, GANB-matrix, correlation equation.

იოდსილანების მათემატიკურ-ქიმიური უნდავლა
 ჯანბ-მატრიცების მეთოდის გამოყენებით

გვერდწითელი მ.ი., რუსია მ.შ.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მათემატიკურ ქიმიაში გამოყენებულ გამოთვლით მეთოდებს შორის, განსაკუთრებით ფართოდ და ეფექტურად არის აპრობირებული ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი [1]. მათემატიკური ქიმიის ქართული სკოლის მიერ კონსტრუირებულ ტოპოლოგიურ ინდექსებს შორის განსაკუთრებით შედეგიანი აღმოჩნდა ორი – $I_g(\Delta_{ანბ})$ და $I_g(\Delta_{ჯანბ})$ [2,3].

$I_g(\Delta_{ანბ})$ – წარმოადგენს ანბ-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის ათობით ლოგარითმს. ანბ-მატრიცა კვადრატულ-სიმეტრიულია, მისი დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენს მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომურნომრებს, არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობები (სწორედ აქედან წარმოდგა აბრევიატურა ანბ – ატომური ნომერი, ბმა). სამატომიანი ABC-მოლეკულის შესაბამისი ანბ-მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

აღვილია დავასკვნათ, რომ ანბ-მატრიცის რანგი მოლეკულაში შემავალი ატომების რიცხვის ტოლია.

$I_g(\Delta_{ჯანბ})$ – წარმოადგენს ჯანბ (ჯგუფური ანბ)-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის ათობით ლოგარითმს. ჯანბ-მატრიცა ანბ-მატრიცის მოდიფიცირებული სახეობაა AB_n -ტიპის მოლეკულებისათვის, სადაც A– n-ვალენტოვანია, ხოლო B – ერთვალენტოვანი (მოგვიანებით ეს მიდგომა გავრცელებული იქნა იმ შემთხვევისათვის, როცა B სხვადასხვა ერთვალენტოვანი ატომი ან ატომთა ჯგუფია). ამგვარად, ჯანბ-მატრიცა მეორე რანგისაა. მისი პირველი დიაგონალური ელემენტია Z_A , მეორე დიაგონალური ელემენტია nZ_B (ამგვარად, n-რაოდენობა ერთვალენტოვანი B-ატომი განიხილება როგორც ერთი ქვაზი-ატომი); არადიაგონალური ელემენტებია n (ამგვარად, n-რაოდენობა ერთმაგი ბმა განიხილება როგორც n-ჯერადობის ერთი ქვაზი-ბმა). ჯანბ-მატრიცას ზოგადად გააჩნია სახე:

$$\begin{vmatrix} Z_A & n \\ n & nZ_B \end{vmatrix} \quad (2)$$

იმ შემთხვევაში, თუ A შეერთებულია განსხვავებულ ატომებთან, ხდება ამ უკანასკნელების ატომური ნომრების შეჯამება.

ჯანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში შესწავლია იოდსილანები ზოგადი ფორმულით $SiH_{4-n}I_n$, სადაც $n = 1,2,3,4$. ცხრილში მოყვანილია $I_g(\Delta_{ჯანბ})$, $T_{ლღ.}$, $T_{ღუღ.}$ ამ ნაერთებისათვის [4].

lg($\Delta_{\text{ჯანბ}}$), $T_{\text{ღლ.}}$, $T_{\text{ღულ.}}$ იოდსილანებისათვის

იოდსილანი	lg($\Delta_{\text{ჯანბ}}$)	$T_{\text{ღლ.}}$, °C	$T_{\text{ღულ.}}$ °C
SiH ₃ I	2,89	-57	45,5
SiH ₂ I ₂	3,18	-1	143,5
SiHI ₃	3,35	8	212
SiI ₄	3,48	122,5	296

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე აგებულია ორი კორელაციური განტოლება:

$$T_{\text{ღლ.}} = 412,8 \cdot \lg(\Delta_{\text{ჯანბ}}) - 1311,2 \quad (3)$$

$$T_{\text{ღლ.}} = 487,1 \cdot \lg(\Delta_{\text{ჯანბ}}) - 1400,1 \quad (4)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი, შესაბამისად, ტოლია: 0,982; 0,983.
ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმის მიხედვით [5], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ლიტერატურა

1. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1995.
2. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არაორგანული და ორგანული ნაერთების მათემატიკურ ქიმიური გამოკვლევა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018.
3. Gverdtiteli M., Gamziani G., Gverdtiteli I. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, Tbilisi Univ. Press, 1996.
4. Химическая энциклопедия, т.2. -Москва,,Советская энциклопедия, 1990, с.54.
5. გვერდწითელი მ. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1982, გვ. 19.

SUMMARY**MATHEMATIC-CHEMICAL STUDY OF IODOSILANES WITHIN THE SCOPE OF GANB-MATRICES METHOD**

Gverdtiteli M.I. and Rusia M.Sh

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Four iodasilanes were studied within the scope of GANB-matrices method. Two correlation equations are derived. Correlations are satisfactory.

Keywords: iodasilanes, GANB-matrices method, satisfactory correlations.

შეუღლებული დიენების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა

გვერდწითელი მ.ი., რუსია მ.შ.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი ერთ-ერთი მძლავრი საშუალებაა ქიმიური ობიექტების (მოლეკულებისა და მათი გარდაქმნების) კვლევისას [1]. დღეისათვის არსებულ დაახლოებით ექვს ათეულ ტოპოლოგიურ ინდექსს შორის შვიდი შემუშავებულია მათემატიკური ქიმიის ქართული სკოლის მიერ [2]. განვიხილოთ ორი, ყველაზე ფართო და პრობირებული ტოპოლოგიური ინდექსი $-lg(\Delta_{ანბ})$ და $lg(\Delta_{ქანბ})$, რომლებიც აგებულია ანბ- და ქანბ-მატრიცების ბაზაზე [3,4].

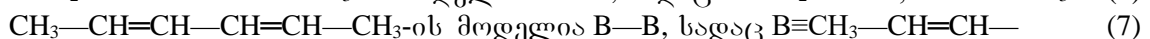
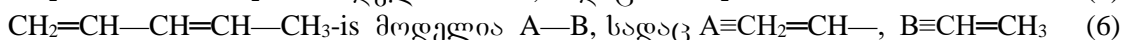
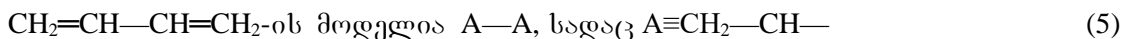
ანბ-მატრიცა წარმოადგენს მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მატრიცის მოდიფიცირებულ სახესხვაობას. მისი დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები, არადიაგონალური ელემენტები – ქიმიური ბმების ჯერადობა. სამატომიანი ABC-მოლეკულის შესაბამის ანბ-მატრიცას გააჩნია სახე:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

ანბ-მატრიცის რანგი მოლეკულაში შემავალი ატომების რიცხვის ტოლია. ტოპოლოგიური ინდექსი $lg(\Delta_{ანბ})$ – ანბ-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის ათობითი ლოგარითმია.

ფორმალურად, ქანბ (ქვაზი-ანბ)-მატრიცას (1) სახე გააჩნია. მაგრამ ამ შემთხვევაში დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენენ მოლეკულის სხვადასხვა სტრუქტურულ ფრაგმენტში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამს, არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობები სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის. ამგვარად, ქანბ-მატრიცის აგება ხდება არა თვით მოლეკულის, არამედ მისი გარკვეული სტრუქტურული მოდელის ბაზაზე. მოდელის შერჩევას ვაწარმოებთ ამოცანის ქიმიური სპეციფიკის გათვალისწინებით. ეს ნოვატორული მიდგომაა მათემატიკურ ქიმიაში. წინამდებარე ნაშრომში პირველად იქნა გამოყენებული ჰომოლოგიურ რიგში სხვადასხვა წევრის სხვადასხვა მოდელით წარმონეხა. ასეთი მიდგომის მათემატიკური კრიტერიუმი მდგომარეობს იმაში, რომ თითოეული მოდელის შესაბამისი ქანბ-მატრიცის რანგი ერთნაირი უნდა იყოს.

შესწავლილია შეუღლებული დიენები, რომელთა სტრუქტურული ფორმულები და შესაბამისი მოდელები ქვემოთაა მოყვანილი.



სამივე მოდელის შესაბამისი ქანბ-მატრიცა მესამე რანგისაა.

ცხრილში წარმოდგენილია $lg(\Delta_{ქანბ})$, $T_{დღ.}$, $T_{დუღ.}$ და d_4^{20} [5] შეუღლებული დიენებისათვის.

$\lg(\Delta_{\text{კან}})$, $T_{\text{ლღ.}}$, $T_{\text{ღუღ.}}$, d_4^{20} შეუღლებული დიენებისათვის

დიენი	$\lg(\Delta_{\text{კან}})$	$T_{\text{ლღ.}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{ღუღ.}}, ^\circ\text{C}$	d_4^{20}
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	2,35	-108,92	-4,41	0,6211
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	2,54	-87,47	42	0,6760
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	2,78	-73	80	0,7196

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე აგებულია სამი კორელაციური განტოლება:

$$T_{\text{ლღ.}} = 75,0 \cdot \lg(\Delta_{\text{კან}}) - 75,5 \quad (8)$$

$$T_{\text{ღუღ.}} = 211,0 \cdot \lg(\Delta_{\text{კან}}) - 505,5 \quad (9)$$

$$d_4^{20} = 0,2480 \cdot \lg(\Delta_{\text{კან}}) + 0,0321 \quad (10)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი, შესაბამისად, ტოლია: 0,980; 0,981; 0,982.
ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმით [6], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ლიტერატურა

1. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1995.
2. რ. გოგიბერიძე, მ. გვერდწითელი. მათემატიკური ქიმიის განვითარება თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში. განათლება, 2(30), 2015, გვ. 186.
3. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არაორგანული და ორგანული ნაერთების მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018.
4. Gverdtseteli M., Gamziani G., Gverdtseteli I. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, Tbilisi Univ. Press, 1996;
5. Химическая энциклопедия, т.2. -Москва, Советская энциклопедия, 1990, с.54.
6. გვერდწითელი მ. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 1982, გვ. 19.

SUMMARY

MATHEMATIC-CHEMICAL INVESTIGATION OF THE CONJUGATED DIENES

Gverdtseteli M.I. and Rusia M.Sh.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Three conjugated dienes were investigated within the scope of QANB-matrices method. Three correlation equations are derived. The correlations are satisfactory.

Keywords: conjugated dienes, QANB-matrices method, satisfactory correlations.

ღვინოეუბი ტუბე მეტალების დე ამიეკის ბანსაზღვრა
ქრომატოგრაფიული მეთოდი

შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., შათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მეღვინეობის პროდუქტების შესასწავლად უკანასკნელ ხანებში ფართოდ გამოიყენება თხევადი ქრომატოგრაფიის ახალი ვარიანტი - იონური ქრომატოგრაფია [1]. ქრომატოგრაფიის ამ ვარიანტის გამოყენებით მიღებული პირველადი მონაცემები მიგვითითებენ მის პერსპექტიულობაზე ერთ და ორვალენტიანი კატიონების, არაორგანულ მჟავათა ანიონების, ხოლო საცრისებური ქრომატოგრაფიის რეჟიმში ორგანულ მჟავათა განსაზღვრის საქმეში.

ამ მიმართულებით ორსვეტიან სქემაზე ჩვენს მიერ შესრულებული სამუშაოს პირველი შედეგები ღვინოებისათვის „წინანდალი“ და „ნაფარეული“ გამოქვეყნებულია სამუშაოებში [2,3].

წარმოდგენილ სამუშაოში მოცემულია ოთხი დასახელების ქართულ ღვინოში ერთსვეტიანი კატიონების განსაზღვრის შედეგები იონური ქრომატოგრაფიის ერთვალენტიანი ვარიანტის გამოყენებით. კვლევა წარმოებდა ფირმა „Waters“-ის თანამედროვე იონურ ქრომატოგრაფზე JLC-1, იმავე ფირმის 430 ტიპის კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით. ხელსაწყო საშუალებას იძლევა თავისუფლად ვარეგულიროთ ქრომატოგრაფიული კვლევის ყველა ძირითადი პარამეტრები. მონოგრაფიაში [1] მოცემული რეკომენდაციებისა და ჩვენი [2] ექსპერიმენტების თანახმად დაყოფას ვახდენდით კატიონგაცვლით სვეტზე. მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებულ იქნა 50x4,6 მმ ზომის და 10 მკმ დიამეტრის სორბენტის მარცვლებით შევსებული სტანდარტული სვეტი JC-PAC.

უპირველეს ყოვლისა, ვახდენდით სვეტის მუშაობის რეჟიმისა და გამოყენებული ელუენატის (მოძრავი ფაზა) ოპტიმიზაციას. პირობების განმსაზღვრელ პარამეტრად მიღებული იყო ორი ყველაზე ახლოს განლაგებულ NH_4^+ და K^+ იონების პიკების დაყოფის კოეფიციენტები R . რიგ შემთხვევაში დაყოფა არ იყო სრული ($R < 0,5$). ექსპერიმენტის პარამეტრების ოპტიმიზაციას ვახდენდით ისეთნაირად, რომ d -ის მიღებული მნიშვნელობა ტოლი ან მეტი იყო 0,8-ზე. R -კრიტერიუმის ეს მნიშვნელობა ყველა შემთხვევაში მიღწეული იყო მოძრავ ფაზად 3 მმ ხსნარის გამოყენებისას, რომელიც მიეწოდებოდა 1,2 მლ/წთ სიჩქარით. ამ დროს ანალიზის ხანგრძლივობა აღწევდა 10 წთ. ასეთ პირობებში არაორგანულ და ორგანულ მჟავათა ანიონები ერთ პიკად გამოდიოდნენ ქრომატოგრამის დასაწყისში. საანალიზო სინჯი შეგვყავდა ელუფისმაგვარ დეტექტორში 100 მკლ რაოდენობით. საწყისი ხსნარის განზავება ხდებოდა 50-ჯერ. ამ პირობებში გამოსვლის დრო საკმაოდ კარგად იყო გამოკვეთილი, რაც მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ერთვალენტიანი კატიონების პიკების მაქსიმუმის გამოსვლის დრო წთ.

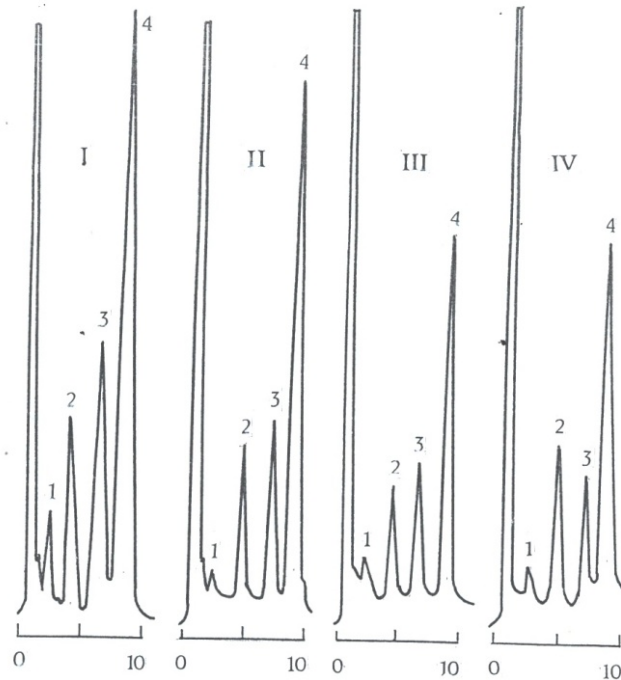
Li^+	Na^+	NH_4^+	K^+
$2,4 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$	$6,6 \pm 0,1$	$7,9 \pm 0,1$

კვლევის ობიექტად შერჩეული იყო ქართული ღვინოების 4 ნიმუში. სამი ცდის საშუალო შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში და ნახაზზე.

ცხრილი 2. ერთვალენტური კატიონების შემცველობა გამოკვლეულ ღვინოებში

ღვინის დასახელება	კატიონის შემცველობა მგ/ლ			
	Li^+	Na^+	NH_4^+	K^+
კახეთი (სახლის)	კვალი	7,4	186	1700
რქაწითელი	2,0	5,0	53	1400
გურჯაანი	3,0	5,5	148	1090
წინანდალი	7,0	6,5	72,5	769

რაოდენობრივი ანალიზის შედეგები მიღებულია საკვლევი კატიონების შემცველი ხსნარის გარე სტანდარტის გამოყენებით. რაოდენობრივი ანალიზის მიღებული შედეგების გამომთვლელი ინტერატორით დამუშავებისას საინტერესოა აღინიშნოს, რომ სვეტის მიღწეული ევექტურობა Na^+ და K^+ -თვის შეადგენს შესაბამისად 550 და 275 თეორიულ თეფშს, რაც შეესაბამება 1100 და 5500 თეორიული თეფშის დაყვანილ ევექტურობას მეტრზე.



ღვინოებში ტუტე მეტალებისა და ამიაკის დაყოფის ქრომატოგრამები

მიღებული შედეგების განხილვა გვიჩვენებს, რომ Li^+ - შემცველობა მცირეა, მხოლოდ ღვინისათვის “წინანდალი“ შეესაბამება ის Na^+ -ის შემცველობას, უმეტეს შემთხვევაში იმყოფება კვალის დონეზე. მცირე აგრეთვე Na^+ -ის შემცველობაც. რაც შეეხება NH_4^+ - იონებს მათი შემცველობა საკმაოდ დიდია, მიუხედავად იმისა, რომ ის თითქოს ადვილად უნდა იქნას მოცილებული სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების დროს. ძალიან დიდია კალიუმის შემცველობა, რომელიც სხვადასხვა ნიმუშებში იმყოფება დიდი განსხვავებით. K^+ -იონების შემცველობის მონაცემები კორელირდება [1] მონოგრაფიაში მოყვანილი მონაცემებიდან. ზოგიერთ შემთხვევაში

შეიმზნევა (Rb + Cs) კვალი. ბუნებრივია მოტანილი მონაცემებით ხასიათდება ღვინოსასაღების ინდივიდუალური ნიშუშები, თუმცა სიდიდეთა თანმიმდევრობა საკმაოდ ინდივიდუალურია.

ლიტერატურა

1. Дж. Фриц и др. Ионная хроматография. –Москва, Мир, 1984, 240 с.
2. И. Ш. Шатиришвили. Использование метода ионной хроматографии для определения кислот и щелочных металлов в вино материалех. /Сб. научные основы интенсивного садоводства и винограводства в горных условиях Грузииб 1983, сс. 95-97.
3. И. Ш. Шатиришвили. Хроматографическое определение аминокислот в грузинских виноматериалах. /Сб. научные основы интенсивного садоводства и винограводства в горных условиях Грузииб 1983, сс. 97-98.

SUMMARY

DETERMINATION OF ALKALI METALS AND AMMONIA IN WINES BY THE METHOD OF CHROMATOGRAPHY

Shatirishvili Sh.I., Kiladze M.T., Chkhartishvili N.N. and Shatirishvili I.Sh.
Georgian Technical University

Single valent cations Li^+ , Na^+ , NH_4^+ and K^+ were determined in wines “Kakheti”, “Rkatsiteli”, “Gurjaani” and “Tsinandali” by using single-column ion chromatography. The research was carried out on ion chromatograph JLC-1 – production of “Waters”, by using a 430-type conductivity detector of the same firm.

Keywords: sieve chromatography, ionic chromatography, correlation.

ზოგიერთი ქართული წითელი ქუჩის ჯიშების მიღებულ ღვინის ლექში ფენოლური ნაერთების შესწავლა

ყანაველი თ.ზ., გურგენიძე ლ.რ., უგრეხელიძე ვ.დ., მამარდაშვილი ნ.გ., ქვარცხავა გ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მსოფლიოში ყოველწლიურად იწარმოება დაახლოებით 75 მილიონი ტონა ყურძენი, რომლის 85% გამოიყენება მეღვინეობაში და წარმოიქმნება დაახლოებით 9მლნ. ტონა ორგანული ნარჩენი, რომელიც შეიცავს ორგანული ნივთიერებების დიდ რაოდენობას, რომლებიც გარემოს დამაბინძურებლად არის აღიარებული, რადგან გააჩნიათ ჟანგბადის მაღალი ქიმიური და ბიოლოგიური მოთხოვნილება [2]. თუმცა, ცნობილია, რომ მეღვინეობის ნარჩენები ფენოლების მაღალი შემცველობით ხასიათდება და მათი ექსტრაქტები ავლენს ძლიერ ბიოლოგიურ აქტივობას [3].

ღვინის ლექი შედგება მკვდარი საფუერებისგან, საფურის ნარჩენებისგან ან ნაწილაკებისგან, რომლებიც ღვინის რეზერვუარებისა და კასრების ძირზეა დაღეკილი. ამ ნარჩენების ნაგავსაყრელზე გადაყრა და კომპოსტის სახით ვენახში გამოყენება ნიადაგზე უარყოფით ზეგავლენას ახდენს [4]. ღვინოში წარმოქმნილი ორგანული ნარჩენების საერთო რაოდენობის 14% შეიცავს ლექი [5], ასევე ამ მასალის ეკონომიურად ეფექტური გამოყენება მეღვინეობის ინტერესს უნდა წარმოადგენდეს. შევისწავლეთ სხვადასხვა წითელყურძნიანი ჯიშებიდან მიღებულ ღვინის ლექებში საერთო ფენოლები, ტანინები, ანტოციანები და ლექის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობა.

საკვლევ ობიექტებად შეირჩა ფართოდ გავრცელებული ყურძნის ჯიშის საფერავისა (საკონტროლო) და დღეისათვის ნაკლებად შესწავლილი ჯიშებისგან (მესხური შავი, გაბაშა, სიმონასეული და სრელური) წარმოებული ღვინოებიდან მიღებული ლექები. ღვინისთვის ყურძნის ნიმუშები აღებული იქნა სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის ბაზაზე არსებულ ჯიდაურას სანერგე მეურნეობიდან. ღვინის ნიმუშები დამზადებულ იქნა 10 კგ ყურძნისაგან (მაგარი ნაწილების – წიპვის, კანისა და კლერტის მონაწილეობით ალკოჰოლურ ფერმენტაციაში).

ლექის ნიმუშები ავორთქლეთ როტაციულ ამორთქლებელზე 40 °C 20 წთ განმავლობაში ეთანოლის მოსაშორებლად და მიღებული მასალა შევინახეთ (-40 °C). შემდეგ გავაშრეთ ლიოფილურ საშრობზე 0,5 მბარი წნევის ქვეშ. მიღებული ნიმუშები დავაქუცმაცეთ და შევინახეთ ჰაერგაუმტარ კონტეინერებში (-20 °C) ანალიზის ჩატარებამდე.

საერთო ფენოლების მასის განსაზღვრა მოხდა ფოლინ-ჩოკალტეუს რეაქტივის გამოყენებით. ნიმუშები გაიზომა სპექტროფოტომეტრზე 760 ნმ ტალღის სიგრძეზე FIBER OPTIC SPECTROMETER CECIL CE9500 Aquarius-ის გამოყენებით. საერთო ფენოლების კონცენტრაციის გამოთვლა მოხდა ნიმუშების ოპტიკური სიმკვრივის შედარებით ფენოლების საკალიბრო სსნარის ოპტიკურ სიმკვრივესთან. შედეგები ნაჩვენებია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ნიმუშების ოპტიკური სიმკვრივები

ყურძნის ჯიში (ლექის ნიმუშები)	ოპტიკური სიმკვრივე
საფერავი	0,105
სიმონასეული	0,110
მესხური შავი	0,120
გაბაშა	0,115
სრელური	0,125

ანტოციანების ჯამური შემცველობა განისაზღვრა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით. ნიმუშის (1გ ლექის) გამოწვლილვა მოხდა 0,1 მარილმჟავას ხსნარით. ნიმუშები გაიზომა სპექტროფოტომეტრზე 530 ნმ ტალღის სიგრძეზე. შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ფენოლური ნაერთების შემცველობა საკვლე ნიმუშებში

ყურძნის ჯიში (ლექის ნიმუშები)	ჯამური ფენოლები (გ/100გ)	ტანინები (მგ/100გ)	ანტოციანები მგ/100გ	ანტიოქსიდანტური აქტივობა %
საფერავი	1,72	4,228	318,8	32,26
სიმონასეული	1,52	4,16	294,4	29,0
მესხური შავი	1,12	3,744	246	22,58
გაბაშა	1,28	3,872	256,8	25,8
სრელური	0,8	2,808	127,6	19,4

ტანინების საერთო შემცველობა გამომშრალ ლექებში განისაზღვრა ტანინისა და დალექილი მეთილცელულოზის ანალიზის გამოყენებით. ეს არის ავსტრალიის ღვინის ინსტიტუტის სტანდარტული მეთოდი, რომელიც გამოიყენება წითელ ღვინოსა და ყურძნის ჰომოგენატებში ტანინების საერთო შემცველობის განსაზღვრისათვის. ნიმუშის საერთო მოცულობა იყო 1მლ. მიკროცენტრიფუგის სინჯარაში ავიღეთ 100მკლ ექსტრაქტი, დაგუმატეთ 300მკლ 0,04% მეთილცელულოზა, 200მკლ ამონიუმის სულფატის ნაჯერი ხსნარი და 400მკლ გამოსხილი წყალი. სინჯარები დაგტოვეთ ოთახის ტემპერატურაზე 10 წთ და დავაცენტრიფუგირეთ 1430 ბრ/წთ 5წთ განმავლობაში, გავფილტრეთ და მიღებული ხსნარი გავზომეთ ოპტიკური სიმკვრივე სპექტროფოტომეტრზე 280ნმ ტალღის სიგრძის დროს. ჩავატარეთ ასევე საკონტროლო ცდა, სადაც მეთილცელულოზის მაგივრად დამატებული იყო გამოსხილი წყალი. სტანდარტად გამოვიყენეთ ეპიკატეხინი და მისი სტანდარტული კონცენტრაციების დიაპაზონი იყო 0; 25; 50; 75 და 100 მკგ/მლ.

ეპიკატეხინის საკალიბრო მრუდის გამოყენებით განვსაზღვრეთ ნიმუშებში ტანინების საერთო შემცველობა განზავების გათვალისწინებით. ტანინების შემცველობა წარმოდგენილია ეპიკატეხინის ექვივალენტით (ეპიკატეხინის ექვ. მგ/ლ)

ჩვეულებრივ, მეორეული პროდუქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობა პირდაპირკავშირშია საერთო ფენოლების კონცენტრაციასთან, რომელიც შეესაბამება ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს[6].

ღვინის ლექის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განისაზღვრა ორგანული რადიკალით შებოჭვის DPPH (α, α-დიფენილ-β-პიკრილჰიდრაზილი) მეთოდის გამოყენებით. საანალიზო და საკონტროლო ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეებს ვსაზღვრავდით სპექტროფოტომეტრზე 515 ნმ ტალღის სიგრძეზე. ანტიოქსიდანტური აქტივობის - რადიკალური შებოჭვის აქტივობის დასადგენად ნიმუშის 1მლ-ს დაგუმატეთ 3 მლ-ი DPPH-ის ახლადმომზადებული სპირტიანი ხსნარი (0,1 mM DPPH – 0,004 გ/100მლ ეთილის სპირტში).

საკონტროლო ხსნარს წარმოადგენს DPPH-ის ხსნარი, ხოლო ფონს 96% ეთილის სპირტი.

საანალიზო ნიმუშებს ვაყოვნებდით სიბნელეში 30 წთ-ის განმავლობაში, ოთახის ტემპერატურაზე და ვსაზღვრავდით საანალიზო და საკონტროლო ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეებს შესაბამის ტალღის სიგრძეზე.

საკონტროლო ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე იყო 0,155

ცხრ. 1-ში მოცემულია ნიმუშების საანალიზო ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები.

ოპტიკური სიმკვრივეების მიხედვით გამოვთვალეთ ნიმუშების ანტიოქსიდანტური აქტივობა. შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, საფერავის შემდეგ საერთო ფენოლების შემცველობით, ანტოციანებისა და ტანინების რაოდენობით, ასევე ანტიოქ-

სიდანტური აქტივობით გამოირჩევა სიმონასეული და გაბაშა, ნაკლები მაჩვენებელი აქვს სრელურს.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგებმა აჩვენა, რომ წითელი ღვინის ლექი ხასიათდება ფენოლური ნაერთების მაღალი შემცველობით, გააჩნია ასევე მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა და შესაბამისად უნდა მივიჩნიოთ ანტიოქსიდანტების წყაროდ. აღებული ყურძნის ჯიშებიდან მიღებულ ღვინის ლექებში ფენოლური ნაერთების შემცველობით საფერავთან მიახლოებული შედეგები აქვს სიმონასეულსა და გაბაშას, ყველაზე ნაკლები შედეგი აჩვენა სრელურმა. ასევე, შეიძლება ვთქვათ, რომ ტანინი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ფენოლურ ნაერთს, რომელიც ხელს უწყობს თავისუფალი რადიკალების შებოჭვას. ღვინის ლექს, სხვა მეორეული პროდუქტის, წიპწისა და კანისგან განსხვავებით, რომლებიც მოითხოვენ შრომის რამდენიმე სტადიას და ექსტრაქციის წინ დაქუცმაცებას, გააჩნია უდიდესი პოტენციური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მისაღებად.

ლიტერატურა

1. Teixeira Barcia M., Becker Pertuzatti P., Gómez-Alonso S., Teixeira Godoy H., Hermosín-Gutiérrez I. Phenolic composition of grape and winemaking by-products of Brazilian hybrid cultivars BRS Violeta and BRS Lorena. *Food Chem.* 2014;159: p.95–105. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.163.
2. Lafka T.I., Sinanoglou V., Lazos E.S. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food Chem.* 2007;104:1206–1214. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.01.068.
3. Sacchi K.L., Bisson L.F., Adams D.O. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 2005;56: p.197–206.
4. Moldes A.B., Vazquez M., Dominguez J.M., Diaz-Fierros F., Barral M.T. Negative effect of discharging vinification lees on soils. *Bioresour. Technol.* 2008;99: 5991–5996. doi: 10.1016/j.biortech.2007.10.004.
5. Ruggieri L., Cadena E., Martinez-Blanco J., Gasol C.M., Rieradevall J., Gabarrell X., Gea T., Sort X., Sanchez A. Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *J. Clean. Prod.* 2009;17: 830–838. doi: 10.1016/j.jclepro.2008.12.005.
6. Jara-Palacios M.J., Hernanz D., Gonzalez-Manzano S., Santos-Buelga C., Escudero-Gilete M.L., Heredia F.J. Detailed phenolic composition of white grape by-products by RRLC/MS and measurement of the antioxidant activity. *Talanta.* 2014;125: p.51–57. doi: 10.1016/j.talanta.2014.02.065.

SUMMARY

DETERMINATION OF PHENOL COMPOUNDS IN RED WINE LEES, OBTAINED FROM SOME ENDEMIC VARIETIES OF GRAPE

Kanchaveli T.Z., Gurgenidze L.R., Ugrekheldze V. D.,

Mamardashvili N.G. and Kvartskhava G.R.

Georgian Technical University

The winemaking industry produces large amount of byproducts, including grape pomace, stalks and lees. Wine lees are considered as the natural source of bioactive compounds with antioxidant activity, such as phenolic compounds. Phenolic compounds are highly valued because they can be used in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries. Wine lees are the least studied and exploited byproducts from the wine industry. In this study the total phenol content, total tannin content, total anthocyanine content and antioxidant activities of five red wine lees samples were determined. According to the results of the study, wine lees are winemaking byproducts with high content of antioxidant compounds, consisting of mainly phenolic compounds. The results also show, that tannin is one of the major phenolic compounds that contribute free radical scavenging abilities.

Keywords: phenol compounds, wine lee, grape, endemic.

ზოგიერთი ქართული ენდემური ჯიშებიდან
მიღებული ღვინის ლეჰიდან ლიპიდების გამოყოფა

ყანჩაველი თ.ზ., გურგენიძე ლ.რ., უგრეხელიძე ვ.დ., მამარდაშვილი ნ.გ., ქვარცხავა გ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინის ლექის ლიპიდური ფრაქციის შესწავლას დიდი ყურადღება ეთმობა. ლექში არსებული ლიპიდები საინტერესოა ბიოლოგიური აქტივობის თვალსაზრისით და შესაძლებელია მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში მათი გამოყენება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ცხიმების დამატებით პროდუქტად [1-3].

ლიპიდები წარმოადგენენ ორგანული ნაერთების ჯგუფს, რომლებიც არ იხსნებიან წყალში, მაგრამ იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, ასევე წარმოადგენენ ცოცხალი უჯრედების ძვირფას სამშენებლო მასალას [4,5].

ლიპიდები ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებია, რომლებსაც უჯრედში აქვს მნიშვნელოვანი ფიზიოლოგიური ფუნქციები. მეღვინეობაში ლიპიდების როლი ნაკლებადაა შესწავლილი. დადგენილია, რომ ლიპიდები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ შამპანურის, ღვინის, კონიაკის გემოსა და არომატული თვისებების ჩამოყალიბებაში [6,7].

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ჩვენს მიერ დამზადებული ღვინოებიდან მიღებულ ლექებში ლიპიდური ფრაქციის შესწავლა და აღნიშნული ფრაქციის მიღების ეფექტური მეთოდის შემუშავება.

საკვლევე ობიექტებად შეირჩა ფართოდ გავრცელებული ყურძნის ჯიშის საფერავისა და დღეისათვის ნაკლებად შესწავლილი ჯიშებისგან (მესხური შავი, გაბაშა, სიმონასეული და სრელური) წარმოებული ღვინოებიდან მიღებული ლექები. ღვინისთვის ყურძნის ნიმუშები აღებული იქნა სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო - კვლევითი ცენტრის ბაზაზე არსებულ ჯიდაურას სანერგე მეურნეობიდან.

ღვინის ნიმუშები დამზადებულ იქნა 10 კგ ყურძნისაგან (მაგარი ნაწილების - წიპწის, კანისა და კლერტის მონაწილეობით ალკოჰოლურ ფერმენტაციაში). ტკბილის საწყისი ტემპერატურა იყო 18 °C, ფარდობითი ტენიანობა 75–80 %, ტკბილის მორევა ხდებოდა დუღილის დაწყებამდე 4–5-ჯერ დღეში. დუღილი გაგრძელდა 12 დღე.

ლექის ბიომასიდან ლიპიდების გამოწვლილვა მოხდა ცალკე-ცალკე ჰექსანით, შემდეგ ტოლუოლით და ბოლოს ქლოროფორმით. მიღებული ექსტრაქტები ავაროთ-ქლეთ როტაციულ ამორთქლებელზე 35–40 °C ტემპერატურაზე მშრალი მასის მიღებამდე.

სხვადასხვა კლასის ლიპიდების გამოყოფა მოხდა აბსორბციული სვეტური ქრომატოგრაფიით ლიპიდების კლასის მიხედვით ელუენტურ ნარევედ სხვადასხვა პოლარობის ორგანული გამხსნელების გამოყენებით. ლექის ლიპიდების ნაკლებ პოლარული ფრაქციები დაიყო ალუმინის ოქსიდის სვეტზე, უფრო მეტი პოლარობის მქონე - სილიკაგელზე. ქრომატოგრაფირება განხორციელდა პეტროლეინის ეთერი - ქლოროფორმი (85 : 15), ჰექსან - ეთილაცეტატი (85 : 15), ქლოროფორმი - მეთანოლი (90 : 10) სისტემებში. აღმოჩნენ რეაგენტებად იხმარებოდა ფოსფორმობილდენის და ფოსფორვოლფრამის მჟავები, იოდი და კონცენტრირებული გოგირდმჟავა.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად ღვინის ლექიდან გამოყოფილ და იდენტიფიცირებულ იქნა ლიპიდების შემდეგი კლასები: ალიფატური ნახშირწყალბადები, უმადლესი ნაჯერი სპირტების და სტეროლების ესტერები, ნაჯერი და უჯერი თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები, მონო- , დი- , ტრიგლიცერიდები, სტეროლები, ტოკოფეროლები, ფოსფოლიპიდები და გლიკოლიპიდები.

ზოგიერთი ფრაქციის გამოსავლის შედეგები მოცემულია ცხრილში

რაოდენობა ლიპიდების საერთო ჯამიდან %

ლექის ნიმუშები	ლიპიდების კლასი						
	ტრიგლიცერიდები	დიგლიცერიდები	თავის. ცხ. მჟავები	ტოკოფეროლები	ალოფატური ნახშირ- წყალბადები	ესთერები	სტეროლები
საფერავი	29,0	3,1	14,7	2,2	6,9	4,7	12,8
სიმონასეული	28,2	2,9	13,7	1,9	6,7	4,4	11,9
მესხური შავი	27,2	2,3	14,2	1,3	6,1	3,3	11,5
სრელური	27,9	2,8	13,3	1,1	5,9	3,4	11,4
გაბაშა	25,1	2,6	12,9	1,7	5,2	3,9	11,2

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, სხვადასხვა ყურძნის ჯიშებიდან დამზადებული ღვინის ლექებში ლიპიდების შემცველობით საფერავთან მიახლოებული შედეგები აქვს ყურძნის ჯიშ - სიმონასეულისგან მიღებულ ლექს. სიმონასეულის შემდეგ ესტერების შემცველობით გამოირჩევა სრელური, ტრიგლიცერიდების შემცველობით გაბაშა, თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავებით საფერავს უტოლდება მესხური შავი.

პეტროლეინის ეთერში გახსნილი ღვინის ლექის ექსტრაქტის ნაწილს შეადგენენ ძირითადად სტეროლები. სტეროლების ფრაქციაში აღმოჩენილია ცხრა სტეროლი, რომელთაგან ექვსი იდენტიფიცირებულია: ქოლესტეროლი, სტიგმასტეროლი, ერგოსტეროლი, β - სიტოსტეროლი, დიჰიდროერგოსტეროლი. ასევე ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ სტეროლების შემცველობით საფერავის შემდეგ მოდის სიმონასეულისგან მიღებული ლექი.

გლიცერიდების ცხიმოვანი შედგენილობის ანალიზმა აჩვენა გლიცერიდებში მაღალმოლეკულური მჟავების არსებობა ნახშირბადის ატომების რიცხვით C₈-დან C₂₄-მდე, რომელთა შორის აღმოჩენილია მონო-, დი-, და ტრიკარბონმჟავები.

ღვინის ლექის დი- და ტრიგლიცერიდების შემადგენლობაში მეტი რაოდენობითაა პალმიტინის, სტეარინის, ოლეინის და ლიგნოცერინის მჟავები.

ნახშირწყალბადების შემცველობით საფერავთან შედარებით გამოირჩევა სიმონასეული, ხოლო თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობით მესხური შავი.

გამოვიკვლიეთ ასევე მთლიანად უტილიზირებული საფურის უჯრედები ლიპიდების შემადგენლობაზე. ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა ეთილის სპირტის გადადენისა და ღვინისმჟავა მარილების დალექვის შემდეგ ბიომასა. გამოკვლევების ანალიზმა აჩვენა, რომ უტილიზირებული ნალექის ლიპიდური ფრაქცია შეიცავს ლიპიდების ყველა ძირითად კლასს, რომლებსაც შეიცავს დაუმუშავებელი ღვინის ლექი და გამოსავლიანობის და ფიზიკური კონსტანტების მიხედვით შესაძლებელია მისი გამოყენება მცენარეული ცხიმების დამატებით პროდუქტად.

ამგვარად, გამოვლენილია, რომ ღვინის ლექი შეიცავს ლიპიდებს ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების სხვადასხვა კლასების ფართო ნაკრებით და შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ლიპიდური ექსტრაქტების მისაღებად.

ლიტერატურა

1. Бурьян Н.И., Портнова Н.Я. Влияние условий брожения на содержание липидов в вине и дрожжах. // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. 1977, N 9, сс. 33-34.
2. Rogov I.A., Food Biotechnology. Book 1: Fundamentals of food biotechnology: a textbook / I.A.Rogov, L.V.Antipova, G.P.Shuvaeva. - M.: Koloss, 2004, 439 p.
3. Pueuo E., Martinez – Rodriguez A., Polo M. C., Santa – Maria G., and Bartolome Release of lipids during yeast autolysis in a model wine system. Journal of agricultural and Food Camistry. 2000, 48 pp.116-122
4. Yuanyuan Wang. BSc (Food Science, Nutrition and Technology), Sichuan University. MSc (Food Science and Technology), China Agriculture University. Characterisation of lees and novel uses for yeast lees to create new wine stiles. Chapter 1. 1.12. 2. , 2014, p. 45
5. Nurminen T., Kontinen K. Natural lipids in the cells and cell envelope fractions of aerobic baker's yeast and anaerobic brewer's yeast. Chem. Anal. Phys. Lipids. 1979, pp.15-32.
6. Мехузла Н.А. Курганова Г.В. Начайчук В.В. Влияние липидов на коллоидную стойкость вина. //Виноградарство и виноделие СССР; № 5; 1979, сс. 7-9.
7. Fahy E. et al. A comprehensive classification system for lipids. // J. Lipid. Res. 2005. V. 46, № 5, pp. 839-861.

SUMMARY

EXTRACTION OF LIPIDS FROM SOME GEORGIAN WINE SEDIMENT

Kanchaveli T.Z., Gurgenidze L.R., Ugrehelidze V.D.,

Mamardashvili N.G. and Kvartskhava G.R.

Georgian Technical University

The composition of wine sediment was investigated for the further use of its components. It was established that wine sediment contains a wide range of different class lipids. Wine sediments obtained from widely spread in Georgia variety of grapevine – Saperavi, as well as from less studied varieties of Georgian grapes (Meskhurishavi, Gabasha, Simonaseuli and Sreluri) served as test objects. Experimental samples were supplied by Jigaura nursery (the scientific-research center of agriculture). Organic solvents of different polarity – hexane, toluene, chloroform were used for extraction of lipids from wine sediments. Isolation of different class lipids was performed by means of column chromatography, using organic solvents of different polarity as an eluent mixture. Following classes of lipids were isolated and identified from wine sediments during experiments: carbohydrates, alkyl ferulates, complex esters of highest saturated alcohols and sterols, tetracyclic and pentacyclictriterpenic alcohols, saturated and unsaturated free fatty acids, mono-, di-, and triglycerides, sterols, tocopherols, phospholipids and glycolipids. Wine sediment received from Simonaseuli grape is very close to Saperavi one by the content of lipids. We have investigated totally utilized yeast cells on lipids content. The biomass obtained after extraction of ethylene and tartrates sedimentation has been used. According to obtained results it was revealed that the lipid fraction of utilized sediment contained all main classes of lipids, similar to untreated sediment of wine.

Keywords: wine sediment, lipid fraction extraction, organic solvents.

**ბოზირდის დიოქსიდის უმცველი ბუნებრივი ანტიბიოტიკის გამოყენების
გავლენა ტკბილისა და ღვინის მიკროფლორაზე**

ებელაშვილი ნ.ვ., გაგელიძე ნ.ა., სალია ე.შ., ბიბილური ნ.შ

**საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

შესავალი

გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), როგორც უნივერსალური ანტიბიოტიკი, გამოიყენება ყველა ტიპის ღვინის დამზადება-შენახვის პროცესში, მიკროორგანიზმების განვითარების შეფერხებისა და მისი ხარისხობრივი მახასიათებლების შენარჩუნებისათვის. ამ სასურველ თვისებებთან ერთად SO_2 -ს ტოქსიკური გავლენა აქვს ადამიანის ორგანიზმზე, ზოგჯერ ფატალურიც, ასტმითა და ალერგიით დაავადებულებზე. მეღვინეობაში SO_2 -ის რაოდენობის შემცირება ან მთლიანად შეცვლა უსაფრთხო ანტიბიოტიკით, ენოლოგიური კვლევის აქტუალური პრობლემაა. ამ მიმართულებით გამოკვლეულია სხვადასხვა ფიზიკური მეთოდების (ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივები, ულტრაბგერები), ქიმიური კონსერვანტების (ასკორბინის მჟავა, სორბინის მჟავა, პირონახშირმჟავას დიეთილის ეთერი, ნიტროფურილაკრილის მჟავა) და ანტიბიოტიკების (აკტიდიონი, პიმარიცინი) გამოყენება [1]. დღეისათვის არ არის სხვა ნივთიერება, რომელიც მთლიანად ჩაანაცვლებს მის გამოყენებას.

მეღვინეობაში გამოსაყენებელი ანტიბიოტიკი, გარდა იმისა რომ არ უნდა იყოს ტოქსიკური, იგი არ უნდა მოქმედებდეს ადამიანისათვის სასარგებლო მიკროფლორაზე, გავლენას არ უნდა ახდენდეს ღვინის გემოზე და ბუკეტზე. ასეთი ანტიბიოტიკია ნანოსტრუქტურული კოლოიდური ვერცხლი.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ნანოვერცხლს აქვს ანტიბაქტერიული მოქმედების ფართო სპექტრი. იგი ანადგურებს ათასამდე პათოგენურ მიკროორგანიზმს და არ მოქმედებს ადამიანისათვის სასარგებლო მიკროფლორაზე. ნანოვერცხლი, როგორც ბუნებრივი ანტიბიოტიკი, ნებადართულია აშშ-ში კვებისა და მედიკამენტების ფედერალური კომისიის მიერ. აშშ-ის კლინიკებში ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ იგი ახდენს შიდის, ფრინველის გრიპის, C და ჰეპატიტის ვირუსების ბლოკირებას და ანადგურებს მათ. დღეისათვის, ვერცხლი განიხილება როგორც მიკროელემენტი, იმუნიტეტის გამაძლიერებელი საშუალება, რომელიც აუცილებელია ადამიანის შინაგანი ორგანოების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. ვერცხლი შედის ადამიანის თავის ტვინის, შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების, ღვიძლის, თირკმლებისა და ძვლების შემადგენლობაში. ადამიანის დღე-ღამური რაციონი ვერცხლზე შეადგენს 88 მკგრ-ს [2-7].

სამუშაოს მიზანია ნანოვერცხლის სხვადასხვა დოზის გამოყენების გავლენის გამოკვლევა ტკბილისა და ღვინის მიკროფლორაზე.

კვლევის ობიექტები და მეთოდები

კვლების ობიექტები იყო: მშრალი თეთრი (რქაწითელი, ჩინური) და წითელი (საფერავი) ღვინოების საკონტროლო და საცდელი ნიმუშები.

საკონტროლო ნიმუშებისთვის გამოყენებული იყო SO_2 -ის სტანდარტული დოზა – კადიფიტის სახით – 50 მგ/ლ; საცდელისთვის – ნანოსტრუქტურული ვერცხლის სხვადასხვა დოზა: 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1 მგ/ლ.

ნანოვერცხლის სხვადასხვა დოზისა და კადიფიტის გამოყენება ჩატარდა ბიოტექნოლოგიურ პროცესებში:

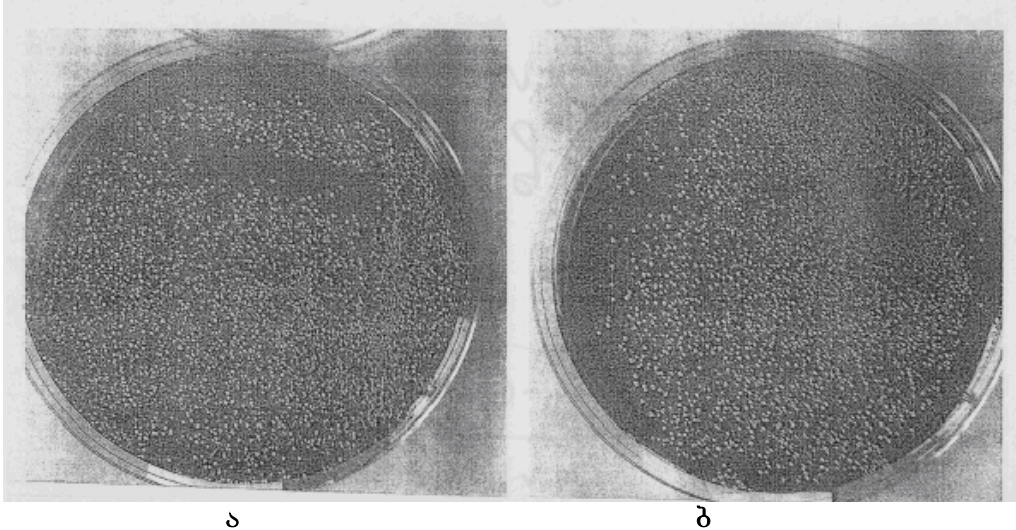
1. თეთრი ღვინოების დამზადებისათვის – ყურძნის ტკბილის დაწმენდის პროცესში;

2. რძემჟავა და ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებულ თეთრ და წითელ ღვინის ნიმუშებში.

ნანოვერცხლით დამუშავებისათვის გამოყენებული იყო: კოლოიდური ვერცხლი აშშ წარმოების (the company „Natural Path Silver Wing“), კონცენტრაცია – 500 პპმ [8].

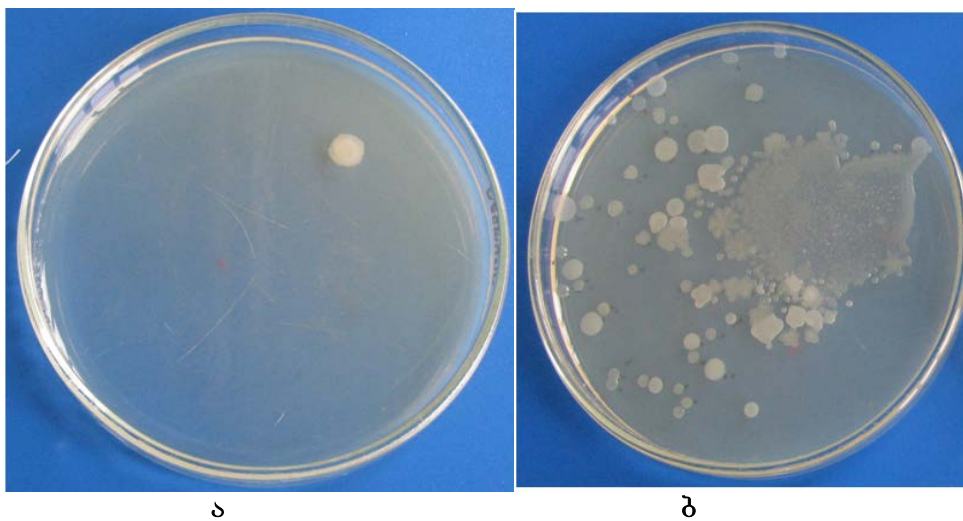
ნიმუშებში ჩატარდა მიკრობიოლოგიური და ქიმიური გამოკვლევები მეღვინეობაში ცნობილი მეთოდების [1,9] გამოყენებით, ორგანული მუჟავების გამოკვლევა - მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით [10].

კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1, 2 და სურ. 1–4.

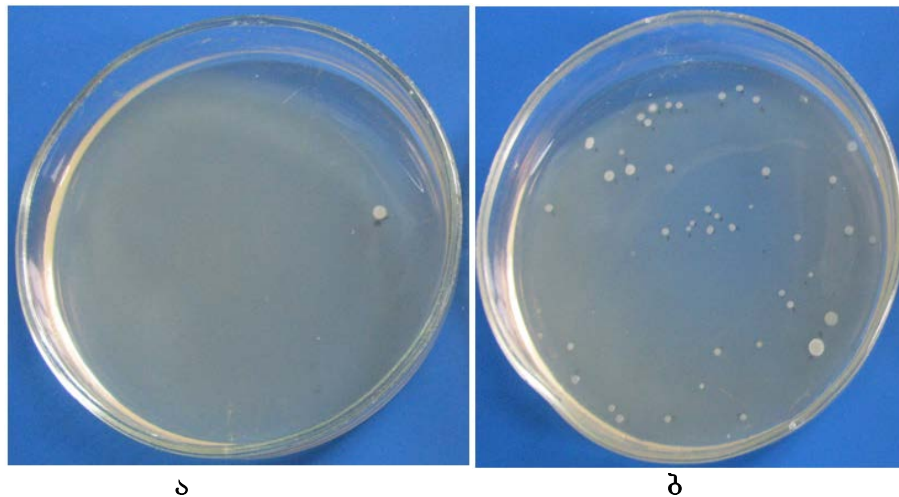


სურ. 1. ღვინის საფურის კოლონიები დაწმენდილი თეთრი ტკბილის ნიმუშებში:
ა) დაწმენდილი 0,4მგ/ლ ნანოვერცხლის გამოყენებით; ბ) დაწმენდილი 50 მგ/ლ კადიფიტის გამოყენებით.

მიღებული შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ თეთრი ყურძნის ტკბილის დაწმენდის პროცესში 0,4 მგ/ლ ნანოსტრუქტურული ვერცხლის გამოყენება თრგუნავს სპონტანურ მიკროფლორას, ამავედროულად არ უშლის ხელს საფურის წმინდა კულტურის განვითარებას (სურ 1); ალკოჰოლური დუღილი მიმდინარეობს ისეთივე ინტენსივობით, როგორც 50მგ/ლ კადიფიტის გამოყენებით დაწმენდილ ტკბილში და ორივე შემთხვევაში მთავრდება ერთდროულად.



სურ 2. რქემჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული საფურავის ღვინომასალები:
ა) დამუშავებული 0.5მგ/ლ ნანოვერცხლით; ბ) ანტისეპტიკების გარეშე.



სურ.3. რქმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული კახური ტიპის ღვინის ნიმუშები:
 ა) დამუშავებული 0,6 მგ/ლ ნანოვერცხლით; ბ) ანტისეპტიკების გარეშე.

ცხრ. 1. რქმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული საფერავის ღვინომასალის ნიმუშების ქიმიური მახასიათებლები (დაინფიცირების შემდეგ ნიმუშები დამუშავებულია ნანოვერცხლით და კალიფიტით)

ქიმიური მახასიათებლები	დაინფიცირებული ღვინომასალა ანტისეპტიკებით დამუშავების გარეშე	რქმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული ღვინომასალა დამუშავებული ანტისეპტიკებით			
		50მგ/ლ კალიფიტი	0,6მგ/ლ ნანოვერცხლი (გენერატორ.)	0,6მგ/ლ ნანოვერცხლი (აშშ კომპ.)	0,8მგ/ლ ნანოვერცხლი (აშშ კომპ.)
ვაშლის მჟავა, გ/ლ	0,8621	2,7593	2,7510		ვაშლის მჟავა, გ/ლ
რძის მჟავა, გ/ლ	3,7323	2,0290	2,1013		რძის მჟავა, გ/ლ
ტიტრული მჟავ. გ/ლ	7,15	7,431	7,54	7,38	7,43
pH	3,77	3,69	3,69	3,72	3,7

0,5 მგ/ლ ნანოვერცხლით დამუშავება მნიშვნელოვნად ზღუდავს საფერავის ღვინომასალაში რქმჟავა ბაქტერიების განვითარებას; ვაშლ-რქმჟავა დუღილის პროცესის ინგიბირება მიმდინარეობს 50 მგ/ლ კალიფიტის გამოყენების იდენტურად:

საფერავის ღვინომასალაში – 0,6 მგ/ლ ნანოვერცხლის გამოყენებით; თეთრი ევროპული და კახური ტიპის ღვინომასალებში – 0,8 მგ/ლ ნანოვერცხლის გამოყენებით.

რქმჟავა ბაქტერიების ერთნაირად ინგიბირების გამო კალიფიტით (50 მგ/ლ) და ნანოვერცხლით (0,6 მგ/ლ) დამუშავებულ საფერავის ღვინომასალებში ტიტრული მჟავიანობის რაოდენობა არის შესაბამისად 7,431 და 7,54 გ/ლ; ვაშლის მჟავის რაოდენობა – 2,7593 და 2,510 გ/ლ; pH-ის მაჩვენებელი – 3,69. რქმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებულ ღვინომასალაში ანტისეპტიკების გამოყენების გარეშე, მიმდინარეობს ვაშლ-რქმჟავა დუღილი, რის შედეგად ვაშლის მჟავის დაშლის ხარჯზე გაზრდილია რძის მჟავის რაოდენობა და შემცირებულია ტიტრული მჟავიანობა.

ანალოგიური შედეგი მივიღეთ ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული საფერავის ნიმუშების გამოკვლევისას (სურ. 3, ცხრ. 2).



სურ. 4. ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული საფერავის ღვინომასალა ანტისეპტიკების გარეშე

ცხრ. 2. ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებული ღვინომასალების ნიმუშების მქროლავი მჟავიანობა დაინფიცირებიდან 10 დღის შემდეგ

ნიმუშის დასახელება	მქროლავი მჟავიანობა გ/ლ	
	ვეროპული ტიპის ღვინომასალა	წითელი ღვინომასალა
ღვინომასალა ანტისეპტიკების გამოყენების გარეშე	0,35	0,617
ღვინომასალა დამუშავებ. კადიფიტით 50 მგ/ლ	0,28	0,55
ღვინომასალა დამუშავებ. ნანოვერცხლით 0,6 მგ/ლ	0,31	0,55
ღვინომასალა დამუშავებ. ნანოვერცხლით 0,8 მგ/ლ	0,28	0,55

ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებულ ღვინის ნიმუშებში ძმარმჟავა ბაქტერიების ინგიბირება მიმდინარეობს 50 მგ/ლ კადიფიტის გამოყენების იდენტურად ნანოვერცხლის გამოყენებით: ვეროპული ტიპის თეთრ ღვინომასალაში – 0,8 მგ/ლ; წითელ ღვინომასალაში – 0,6 მგ/ლ.

დადგენილია გოგირდის დიოქსიდის ნანოსტრუქტურული კოლოიდური ვერცხლით შეცვლის ეფექტურობა. 50 მგ/ლ კადიფიტის გამოყენების იდენტურად მიმდინარეობს: თეთრი ყურძნის ყურძნის ტკბილის დაწმენდის პროცესში 0,4მგ/ლ ნანოვერცხლის გამოყენებით – სპონტანური საფუერების დათრგუნვა, საფუერის წმინდა კულტურის გამრავლება, ალკოჰოლური დუღილი; რძემჟავა და ძმარმჟავა ბაქტერიებით დაინფიცირებულ ღვინოებში ამ ბაქტერიების ინგიბირება ნანოვერცხლის გამოყენებით, თეთრი ღვინის ნიმუშებში - 0,8 მგ/ლ, წითელი ღვინის ნიმუშებში – 0,6 მგ/ლ.

ლიტერატურა

1. I.I. Buryan. Microbiology of winemaking, in: G.G. Valuiko (Ed.), Yalta, Institute of Viticulture and Winemaking “Magarachi”, 1997, p. 431.
2. H. Davis, (1991) U.S. FDA Letter, September.
3. G.E. Ezhinskaya, V.V. Kopeikin, V.E. Gmiro. Immunotropic characteristics of high-dispersity metallic silver, silver in medicine, biology and technics, Preprint, Siberian branch of RAMS, Novosibirsk, 1995, 4; pp. 151-153.
4. S. Herbert . A joint project between the University of Texas, Austin and Mexico University, Nuevo Leon- Journal of Nanobiotechnology, 2005, DOI: 10.1186/1477-3155-3-6 Published: 29 June 2005, HIV, AIDS & Colloidal Silver: Australian Receives Intravenous Silver. Information, Research, News Colloidal Silver, Generators & Alternative Medicine [Online], <http://www.silvermedicine.org>.

5. Y.I. Mikhailov, V.V. Boldyrev, V.A. Blagitko, V.A. Burmistrov, A.P. Kolesnikov (2007), Silver nanobiocomposites. Nano-2007: II /All-Russian Conference on Nanomaterials, Novosibirsk, p. 180.
6. G. Pedresen. Effect of Prophylactic Treatment with ASAP Solution on H5NI-Bird Flu Virus Infection in Mice, American Biotech Labs [Online], www.AmericanBiotechLabs.com. 2009
7. J. Kuzma, P. VerHage. University of Minnesota's Center for Science, Technology, and Public Policy, the report Nanotechnology in Agriculture and Food Production: Anticipated Applications, 2009.
8. N. Bibiluri. Means of Bacteriocide treatment of products of water and liquid feed. Georgian Patent, U 1187 GE U, 2005.
9. ლაშვილი ა. ყურძნის პროდუქტთა ანაღობი. საქ. მეცნ. აკად. მევენ-მემც. ინ-ტი. – თბილისი, 1955, 459 გ.
10. VARIAN, CHROMPACK APPLICATION NOTE, Fast separation of Free organic acids. Application 1550-HPLC, 2007.

SUMMARY

IMPACT OF APPLYING SULFUR DIOXIDE SUBSTITUTE NATURAL ANTISEPTIC ON MUST AND WINES MICROFLORA

Ebelashvili N.V., Gagelidze N.A., Salia E.Sh. and Bibiluri N.Sh.

Georgian Agrarian University

Georgian Technical University

In the present study we investigated the effect of various doses of nanostructured colloidal silver on the microflora dry white and red wines. The objects of research were: white and red dry wine control and test samples: for control samples preparation was used standard dosage of sulfur dioxide (Kadifit, 50 mg/l); for test samples – various dosages of the nanostructural colloidal silver (0.2; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 1 mg/l). Applying nanostructure colloidal silver shows identical impact as 50mg/l sulfur dioxide: For a cleaning process of white grape must - 0.4mg/l; for inhibition of the lacto- and aceto-bacterias, in white wine materials - 0.8mg/l; in red wine materials - 0.6mg/l.

Keywords: nanostructured colloidal silver, sulfur dioxide, wines microflora.

THE EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATION „BIOKATENA“ AND FUNGICIDE „RIDOMIL GOLD“ ON FUNGAL DISEASES OF TOMATO ROOT AND RHIZOSPHERE IN BLOOMING PERIOD

Dvali G.Sh., Zviadadze L.G., Kobakhidze M.T. and Lomtadze N.A.

Biotechnology Center of Georgian Technical University

Abstract. Fungicide „Ridomil Gold“ strongly suppresses development of both beneficial and pathogenic microorganisms of the plant root and rhizosphere while the biological product „Biokatena“ does not cause strong suppression of beneficial microorganisms that contributes to the preservation of the healthy soil environment and active plant development in the blooming period.

Keywords: biological preparation, soil, plants, microorganisms.

The article deals with the study of rhizosphere of tomato and the microflora of the root, as well as the comparative study of the influence of fungicides „Ridomil Gold“ and biological preparation „Biokatena“, produced in Georgia, on the pathogenic fungi, which cause the root rot. It has been determined that the fungicide „Ridomil Gold“ sharply suppresses the roots rhizosphere of the tomato as useful as well as the development of the pathogenic microorganisms, while the biological preparation „Biokatena“ does not cause a significant suppression of useful microorganisms, that contribute to maintaining the soil's healthy environment and the active development of the plant in the blossom phase.

Introduction

The sharp increase of environmental pollution and the decrease of the quality of agricultural products is mainly due to the use of chemical preparations, including fungicides, which reduces the number of useful microorganisms in the soil. In order to protect the plants, the needed study of microbiological processes in the soil has encouraged the researchers to develop biological fighting techniques, namely bio-preparations, in which content there are active microorganisms and their metabolites. This method of fight provides the environmental protection against the pollution: soil and wastewater haven't polluted, chemical waste is not collected in soils and plants, which determine the reception of a biologically pure product [1,2].

The goal of our research was to study the micro flora of tomato roots and the rhizosphere, the discharge of the pathogenic fungi, which cause the root rot and the use of biological fighting method against them, in particular, the use of bio-preparation „Biokatena“, produced in Georgia and its comparison with fungicide „Ridomil Gold“.

Object and Method

In order to conduct the experiment, we chose the private farm in village Tsereteli in Marneuli region, which produces various vegetable cultures, including tomato. For the experiment we used the tomato seedlings „Slivka“.

For the experiment we used fungicide „Ridomil Gold“ and biological preparation „Biokatena“, as well as bio-agro-liquid organic fertilizer „Organica“. The total number of microbes and pathogenic fungi in the pure cultures has been studied by M.A. Litvinov method [5]. For cultivation of microorganisms artificial and natural solid food areas were used: Chapek, Suslo, Potatoes - dilution 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . The total number of microbes was estimated by thousands on 1g of absolutely dry ground.

Results and discussion

It is known that the influence of the biological preparations on the pathogenic microorganisms have a significant effect if the soil climate conditions of the plant provide the action of the microorganisms, which are in their content [3], So it was important to study the climate soil conditions in Marneuli region.

Marneuli is located in the south-eastern part of Kvemo Kartli, from 250 m to 600 m above sea level. The annual quantity of precipitation is 490-550 mm. Maximum precipitation is observed in May, minimum - in December. There is the grey-brown meadow, which is characterized by a low alkaline reaction with low humus content [4].

For the experiment we chose 0,5hectares of land that we divided into three equal parts. On each land area we planted 50-50 tomato seedlings. On the first area we used fungicide „Ridomil Gold“, which is systemic action preparation and is characterized by protective, medical and crushing action for pathogens. The working solution is 500 lh, in our case - 83 L of 2% solution on 0,167 ha. On the second area we used the bio-preparation „Biokatena“ in which content there is an active substance *Trichoderma lignorum*. This preparation was produced in Georgia, namely by the Plant Biological Care Center, as a means of fungicide and bacteriological action remedy for the safety of plants. It has been used in any phase of plant development as for processing of soil and for spraying on leaves (dosage: 3 l of 2% „Biokatena“ solution on 50 seedlings). III Area – control area, the soil wasn't processed by the preparations.

Before the experiment and planting of the tomato seedlings, for the restoration of the soil and creation of the favorable conditions for the use of bio-preparations, we used liquid organic fertilizer “Organika” on the first and second areas. This is the universal preparation, which was produced by the same centre, it contains micro and macro elements and is permitted for the reception of ecologically pure products (dosage: 3 l of 2% „Organika“ solution for 50 seedlings).

Before the planting, the roots of seedlings were processed by the 2% working solution and during the planting the each seedling was watered by the working solution. The seedlings were fed 3-4 times by 10-15 days interval (1l of bio-preparation on each 100-150L of water).

The soil analyzes was conducted by M.A. Litvinov method. (5). We've used artificial and natural food areas for the study of microbial cultures: Chapek, Suslo and Potatoes.

Before the planting of seedlings, we studied the micro-flora of the chosen areas – fungi, pathogenic fungi among them, bacteria and actinomyces. The results of analyzes have shown that there was the great quantity of the fungi and pathogenic fungi in the experimental soil.

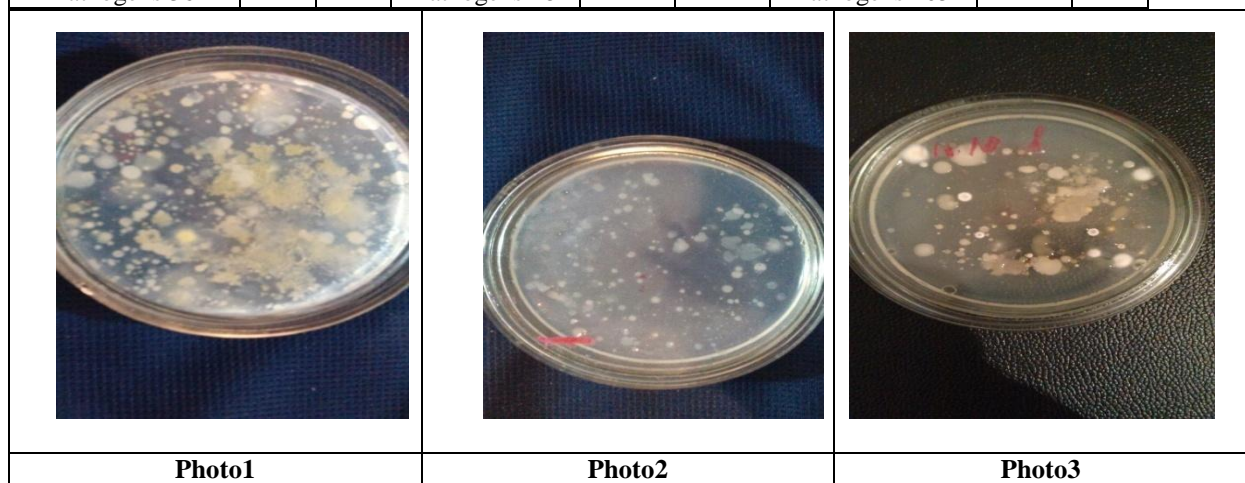
Table1. The total number of the microorganisms (fungi, bacteria, actinomyces, pathogenic fungi) in unprocessed soil (absolutely dry soil)

Sample	Fungi	Bacteria	Actinomyces
Unprocessed soil	500 400 among them pathogenic	180	210

Because the use of the fungicide in the soil helps to reduce the quantity of useful microorganisms, so for the improvement of this process, we used bio-preparation and the area for the tomato seedlings, and roots were processed with bio-preparation „Biokatena“. For the comparison, we used tomato seedlings, processed with fungicide „Ridomil Gold“. After the processing, we analyzed the material in tomato blossom period, because during this period tomato seedlings are diseased. By the analyzes, it has been shown that the total quantity of fungi in control samples is more than in the soil, which was processed with fungicide and bio-preparation, but the quantity of pathogenic fungi on the tomato roots and in the rhizosphere was reduced in compare with the use of bio-preparation „Biokatena“; but in case of the soil processing by the bio-preparation, the total quantity of different bacteria and actinomyces is more than in soil, processed by the fungicide; all of this indicate that fungicide cause the inhibition of the pathogenic microbes, and bio-preparation positively influence on the development of useful micro-flora. The results of our experiments are shown on the Table 2 and photos – 1,2,3.

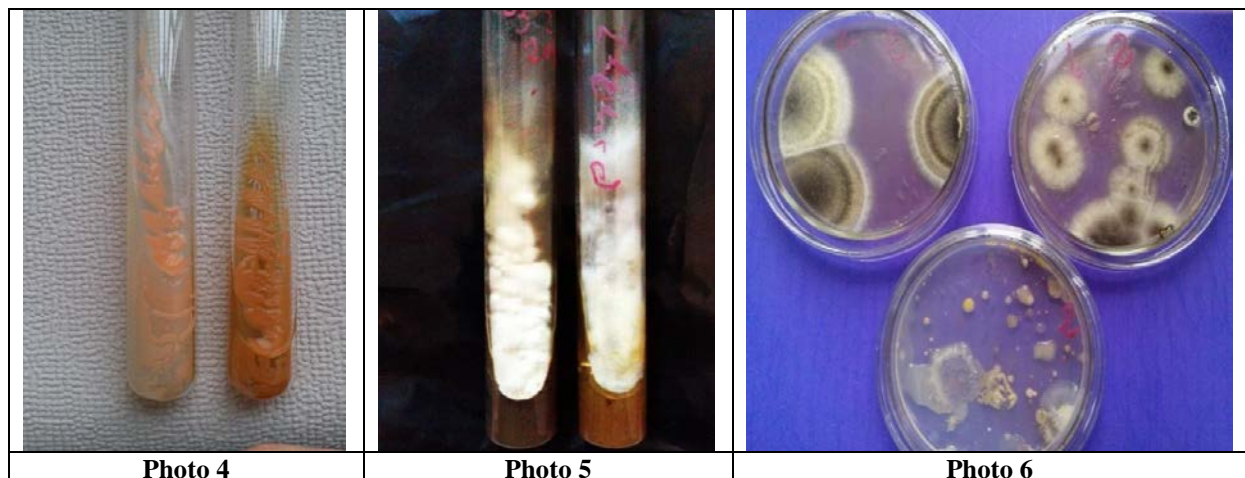
Table 2. The influence of fungicide „Ridomil Gold“ and biological preparation „Biokatena“ on the microflora of tomato roots and rhizosphere during the plant blossom period (thousands in 1g of absolutely dry soil)

Fungicid „Ridomil Gold“			Preparation „Biokstena“			Control (without processing by the preparation)		
Fungi	Bacteria	Actinomyces	Fungi	Bacteria	Actinomyces	Fungi	Bacteria	Actinomyces
225 Pathogens 25	60	55	220 Pathogens 35	90	64	3500 Pathogens 250	210	160
120 Pathogens 36	55	42	150 Pathogens 48	70	60	2200 Pathogens 105	301	200



1 – unprocessed; 2 – processed by fungicide; 3 – processed by biological preparation

After the research, the pure cultures of pathogenic fungi, that cause the disease of plants, were isolated from the tomato roots and rhizosphere. According to the identification, the most ends of pathogens belongs to *Phytophora infestans* and *Fusarium exspansum*, photos 4,5,6.



4 – Fusarium exspansum; 5 – Phytophora infestans; 6 – pathogenic fungi of tomato root and rhizosphere

Conclusion

It has been determined that the fungicide „Ridomil Gold“ sharply suppresses the roots rhizosphere of the tomato as useful as well as the development of the pathogenic microorganisms, while the biological preparation „Biokatena“ does not cause a significant suppression of useful microorganisms, that contribute to maintaining the soil's healthy environment and the active development of the plant in the blossom phase.

REFERENCES

1. M.V. Shternshis, F.U. Jalilov. M. Biologicheskaya zashchita rastenii. – Moskva, Koloss, 2004, 264 p.
2. Badei S.V. Shtam Trichoderma lignorum NII KKM GNC VV “Vektor” F5, ispolzuemyi protiv fitopatogennikh gribov i bakteriy. “Zashchita rasteniy” #5, 1986.
3. Sistemnoe ispolzovanie preparatov na osnove bakterii i gribov v zashchite rastenii i uluchshenii mikrobiologicheskogo sostava pochv – Nauchni jurnal KuvGAU, #105(01), 2015.
4. Soils of Georgia. Atlas. Tbilisi, 2015.
5. Metodi izucheniya pochvennikh mikroskopicheskikh gribov. –Leningrad, Nauka, 1969.

РЕЗЮМЕ

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА „БИОКАТЕНА“ И ФУНГИЦИДА „РИДОМИЛ ГОЛД“ НА МИКРОФЛОРУ КОРНЕЙ И РИЗОСФЕРЫ ПОМИДОРОВ В ФАЗЕ ЦВЕТЕНИЯ РАСТЕНИЯ

Двали Г.Ш., Звиаддзе Л.Г., Кобахидзе М.Т., Ломтадзе Н.А.

Биотехнологический Центр Грузинского Технического Университета

Фунгицид „Ридомил“ резко подавляет развитие как полезных, так и патогенных микроорганизмов на корнях и в ризосфере растения, а биопрепарат „Биокатена“ не вызывает значительного подавления полезных микроорганизмов, что способствует поддержанию здорового состояния почвы и активному развитию растения в фазе цветения.

Ключевые слова: биопрепарат, почва, растения, микроорганизмы.

МНОГОЛИНЕЙНЫЕ СОРТА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Канчавели Ш.С.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского-хозяйства Грузии

Многолинейные сорта – это популяции, состоящие из отдельных линий, сходных по своим агрономическим признакам, но отличающиеся друг от друга наличием разных генов устойчивости. Многолинейные сорта представляют собой смесь и нескольких разных по устойчивости генотипов [1-3].

Установлено, что вредоносность той или иной болезни зависит, помимо других факторов от фазы спелости культурного растения в момент заражения. Чем ближе к сроку уборки происходит заражение, тем меньше вреда наносит болезнь урожаю. Наоборот, заражение растений на ранних этапах развития приводит к сильному поражению сорта. Поэтому можно предполагать, что любое условие, позволяющее сорту избежать раннее заражение, будет эффективно снижать его поражаемость.

Установлено также, что многолинейный сорт обеспечивает снижение поражения следующим образом: быстрое распространение возбудителя из первоначального источника инфекции зависит от наличия большого количества восприимчивых растений, на которых возбудитель может размножаться. Если участок засеян смесью нескольких линий данного сорта, каждая из которых отличается от другой геном устойчивости, распространение патогена, а следовательно, и накопление инокулюма затрудняется. Это объясняется тем обстоятельством, что при использовании многолинейных сортов вероятность попадания патогена на растение, которое он сможет поразить, существенно снижается.

Если сорт пшеницы состоит из 10 линий, они отличаются друг от друга по генам устойчивости к бурой ржавчине. В полевой популяции возбудителя болезни присутствуют все расы, необходимые для заражения этих линий. На пораженных растениях развивается спороношение возбудителя. Образующиеся уредоспоры каждой расы распространяются с воздушным течением по полю и попадают на растение. Уредоспора каждой из 10 рас может вызвать заражение растений только с определенным геном вирулентности. Вероятность заражения в данном случае будет составлять 0,1, так как только одна из десяти спор каждой расы может попасть на растение, которое она сможет поразить. Соответственно число образовавшихся уредоспор составит 10% от числа пустул на чистолинейном сорте. Продукция уредоспор каждой пустулы также имеет лишь 10% вероятности попасть на восприимчивые растения и т.д. Точное число спор, которые не смогут найти подходящего для себя хозяина, будет зависеть от числа линий в смеси. Чем больше линий будет содержать многолинейный сорт, тем значительно будет замедление в распространении заболевания.

На многолинейном сорте на пути распространения возбудителя всегда действует барьер, ограничивающий распространение. На чистолинейном сорте с моногенной вертикальной устойчивостью такого барьера не существует: если состоялось заражение одного растения данного сорта, то обеспечивается быстрое распространение болезни, разумеется, при наличии необходимых метеорологических условий.

Установлено, что многолинейные сорта можно широко использовать для защиты пшеницы от желтой ржавчины (*Puccinia striiformis*). Можно надеяться, что этот перспективный метод защиты растений со временем распространится еще шире. Имеются опасения, что при широком применении многолинейных сортов могут появиться расы с многими генами вирулентности. Основанием для такого опасения является совместное существование многочисленных рас, простых по вирулентности, развивающихся на отдельных линиях многолинейного сорта. Их вирулентность может комбинироваться в результате полового процесса или гетерокариозиса с парасексуальным процессом, а также благодаря мутациям. Поэтому сложная по вирулентности раса может возникнуть на таком сорте скорее, чем на конвергентном сорте. Однако в формировании возбудителя на многолинейном сорте есть свои особенности, отличные от условий на однородном сорте.

На многолинейном сорте будут одновременно развиваться несколько рас возбудителя соответственно линиям устойчивости, составляющим данный сорт. Следовательно, вновь возникающие, сложные по вирулентности расы будут попадать в популяцию, состоящую из разных по вирулентности рас патогена. В такой сложной по вирулентности популяции высоковирулентная раса будет испытывать конкуренцию со стороны менее вирулентных рас. А так как высоковирулентные расы, как правило, имеют пониженную жизнеспособность, они будут вытесняться простыми расами.

Таким образом, на соотношение рас в популяции влияют два противоположных процесса. С одной стороны, раса, вирулентная для всех линий сорта, имеет значительно более высокий высоковирулентной расы могут участвовать в распространении болезни и дальнейшем накоплении инокулюма, тогда как у маловирулентных рас в условиях многолинейного сорта коэффициент размножения уменьшается в столько раз, сколько линий имеется в составе данного сорта. Такое положение обеспечивает накопление высоковирулентной расы и вытеснение рас менее вирулентных. С другой стороны, на растениях, восприимчивых к этим расам, менее вирулентные расы будут вытеснять более вирулентные благодаря стабилизирующему отбору, который заключается в следующем. На многочисленных примерах показано, что приспособленность расы к выживанию снижается, если она обладает ненужной вирулентностью [4]. Самыми распространенными всегда оказывались расы, обладающие лишь той вирулентностью, которая позволяла им поразить хозяина, но не больше. Расы со сложной вирулентностью, позволяющей им поражать различные растения-хозяева, возникали в изобилии, но никогда не становились широкораспространенными, если одновременно имелись условия для существования простых по вирулентности рас.

Таким образом, можно представить себе, как будут протекать в популяции рас в многолинейном сорте одновременно два процесса: первый процесс – вытеснение высоковирулентной расой менее вирулентных рас – определяется различием скорости нарастания инфекционного начала отдельных рас, чем большей степенью будет подавляться процесс накопления простых рас; другой процесс – вытеснение менее вирулентными расами более вирулентной расы – будет определяться относительной жизнеспособностью сложной по вирулентности расы и биологическими особенностями разных видов паразитов.

На основании закономерностей, определяющих поведение различных по уровню вирулентности рас паразита, есть все основания предполагать, что широкое применение многолинейных сортов может привести к появлению популяции патогена, состоящей из рас в совокупности вирулентных по всем линиям сорта, но «супerrasа» при этом возникнуть не должна, так как сложные расы с избыточной вирулентностью выживают хуже, чем простые.

Подтверждением этого предположения может быть и следующее наблюдение: многолинейный сорт представляет собой популяцию по признаку устойчивости, разнообразие по признаку устойчивости свойственно природе, однако в природных условиях сложная по вирулентности раса не возникла и не знала преобладающего положения.

Полную ясность в этом вопросе могут внести только систематические наблюдения при интенсивном выращивании многолинейных сортов.

Многолинейные сорта должны иметь особое значение в устойчивости к таким патогенам, где расообразовательный процесс идет очень быстро. Селекция чистоллинейных сортов с моногенным вертикальным типом устойчивости не обеспечивает защиты от быстровозникающих рас, так как эти сорта имеют очень короткий период устойчивости. Межлинейные гибридные сорта кукурузы, устойчивые в Грузии, не могут возделываться в тропическом поясе, потому что на них быстро развиваются эпифитотия.

Многолинейные сорта кукурузы в этих условиях успешно противостоят инфекции в силу законов, определяющих характер развития патогенов на многолинейных сортах.

Метод многолинейных сортов представляет большой интерес для создания сортов зерновых культур, устойчивых к ржавчинным болезням, мучнистой росе. Селекционные работы по созданию многолинейных сортов для борьбы со многими видами болезней ведутся во многих странах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черемисинов Н.А. Общая патология растений. – М.: Высшая школа, 1983, 349 с.
2. Канчавели Ш.С. Основы патологии растений. – Тбилиси, Грифони, 2017, 663 с.
3. Agrios Georgian. Plant Pathology. 2005, 316 p.
4. Метлицкий Л.В., Озерцовская О.Л. Фитоиммунитет. – М.: Наука, 1988, 92 с.

SUMMARY

MULTILINE SORTS AS A PERSPECTIVE METHOD OF PLANT PROTECTION

Kanchaveli Sh.S.

Scientific Research Centre of Agriculture

Multiline sorts are the mixtures of genotypes with several different steadiness. It was determined that multiline sort provides the reduction of the damage. It is due to the condition that while using multiline sorts the probability of the pathogen to get into the plant, which it can strike, considerably reduces. On the multiline sort on the way of the pathogen spreading, there always is a barrier that limits this process. Several races of the pathogen will simultaneously develop on such a sort according to the lines of steadiness from which the sort is constituted.

Keywords: plant protection, multiline sorts, genotype, pathogen.

ПОЛИГЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И ЕЕ РОЛЬ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Канчавели Ш.С.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского-хозяйства Грузии

Полигенный тип устойчивости эффективен против всех рас патогена. На растениях сорта с полигенной устойчивостью замедляется распространение патогена. Этот тип устойчивости в отличие от моногенного вертикального называют полигенной, горизонтальной или полевой устойчивостью.

Полигенная устойчивость, по степени устойчивости значительно уступает моногенной. Она сильнее подвержена влиянию внешней среды и проявляется в более узких границах температуры, влажности и т.д. Но преимущество полигенной устойчивости над моногенной заключается в том, что она не уничтожается при появлении новых рас паразита. Это обеспечивает сортам с полигенным горизонтальным типом устойчивости длительное существование [1,2].

При полигенном типе устойчивости могут иметь место самые различные формы устойчивости. В зависимости от характера их действия принято выделять следующие основные механизмы устойчивости: устойчивость к внедрению, устойчивость к распространению, инкубационную устойчивость.

В свою очередь, устойчивость к внедрению может определяться следующими факторами:

1. Восковым налетом, благодаря которому инфекционные капли скатываются с листьев;
2. Опущенностью листьев, препятствующей попаданию патогенов на поверхность эпидермиса;
3. Строением и качеством устьиц, толщиной кутикулы;
4. Соотношением в диффузатах растения веществ, ингибирующих и стимулирующих прорастание патогена.

Устойчивость к распространению определяется следующими факторами:

1. Наличием механических преград в виде склеренхимы, колленхимы и т.д.;
2. Присутствием в клетках растения веществ, вредных для паразита;
3. Недостатком необходимых паразиту питательных веществ [3].

Таким образом, механизм полигенной устойчивости заключается в способности растения противостоять внедрению и развитию патогена в растении, а в случае грибной инфекции – и в уменьшении спороношения патогена. При действии этих факторов поражение растений задерживается на срок, в течение которого растения нормально развиваются и формируют урожай. Продолжительность периода, на который отодвигается появление болезни, не зависит от появления новых рас возбудителя.

Характер развития болезни на полях, где выращиваются сорта с полигенной устойчивостью и без нее, может быть различным.

Нами была установлена динамика развития болезни в случае бурой ржавчины пшеницы. На первом поле выращивался сорт А, обладающий полигенной устойчивостью, на втором поле – сорт пшеницы В, не имеющий полигенной устойчивости, но обладающий моногенной устойчивостью. Последний тип устойчивости преодолевается расой возбудителя, в имеющей комплементарный ген вирулентности. С момента ее появления начинается процесс заражения сорта В. Если начало заражения происходит одновременно и на сорте А, и на сорте В, раса, попав на растение сорта В, вызывает первичное заражение, в результате которого по истечении инкубационного периода (при оптимальных условиях внешней среды этот период будет составлять 7 – 10 дней) и на растении сорта В образуется уредопустула, в которой имеются 1000 уредоспор.

При соответствующей влажности и температуре эти уредоспоры, попавшие на другие растения на поле, могут прорасти и через 4 – 6 часов вызвать новое заражение. При условии, что все уредоспоры участвуют в заражении, через 7 дней на поле появится 1000 новых уредопустул. В 1000 уредопустул образуется 1000х1000 уредоспор. Таким образом, через 14

дней после первого заражения одного растения на поле будет иметься запас инфекции, исчисляющийся минимум в 1 млн. А если учесть, что, как правило, первые очаги заражения на поле значительно превышают взятый нами показатель, то количество инфекции через две недели будет обеспечивать заражение основной массы растений на поле и при наличии благоприятных погодных условий уже можно будет предполагать возникновение эпифитотийного развития болезни.

Картина развития болезни на поле, занятом сортом А с полигенной устойчивостью, может быть представлена следующим образом. Допустим, что у сорта А полигенная устойчивость проявляется в устойчивости к распространению и в удлинении инкубационного периода. Наличие этих механизмов устойчивости приведет к тому, что на первом зараженном растении инкубационный период закончится примерно на 14-й день, т.е. будет в два раза длиннее, чем на первом сорте. К тому времени, когда на растениях сорта В появится вторая генерация спор, на растениях сорта А образуется лишь первая генерация в первой уредоспуре. Устойчивость к распространению проявится в уменьшении размера уредоспулы и соответственно в уменьшении числа образующихся уредоспор, которое может составлять 1/10 часть от числа уредоспор в уредопустуле на сорте В, т.е. всего лишь 100 уредоспор.

Итак, через две недели после начала заражения различие в запасе инокулюма на полях, занятых сортами А и В, будет выражаться соотношением 100:1000000. Это соотношение четко отражает характер последующего развития болезни на первом и втором полях, так как все факторы, уменьшающие запас инфекции на первом поле в 10000 раз по сравнению со вторым полем, будет действовать и в дальнейшем.

К рассмотренным факторам, определяющим замедленное развитие болезни на сортах с полигенным типом устойчивости, может быть добавлен и такой фактор, как уменьшение вероятности заражения. Вероятность заражения характеризуется числом образующихся поражений при использовании одинакового количества инокулюма. При одной и той же нагрузке инокулюма у сортов с полигенной устойчивостью может развиваться значительно меньше поражений, чем у сортов, не имеющих такой устойчивости. Проявление этой особенности полигенной устойчивости в естественных условиях будет соответственно замедлять процесс развития болезни на поле за счет уменьшения числа возможных заражений.

Таким образом, полигенный тип устойчивости обеспечивает более продолжительную по времени защиту сортов от возбудителей по сравнению с моногенным типом. В то же время уровень полигенной устойчивости обычно ниже, чем моногенной.

Создание сортов с полигенной устойчивостью связано с большими методическими трудностями, как по изучению исходного материала, так и по проведению оценки устойчивости. Практически существуют, вероятно, только два способа оценки полигенной устойчивости тех или иных сортов растений к данному патогену: сравнивая скорость распространения патогена на разных сортах в полевых условиях и сравнивая поведение разных сортов в теплице или лаборатории с целью установить скорость заражения и интенсивность спороношения.

Особенности проявления полигенной устойчивости и сложность создания сортов с таким типом устойчивости должны учитываться при сравнительной оценке двух направлений в селекции на устойчивость. Полигенной устойчивости следует, очевидно, отдать предпочтение перед вертикальной в тех случаях, когда сорта с моногенным типом устойчивости быстро теряют ее из-за возникновения новых рас патогена. Поэтому, когда речь идет о защите от патогенов, отличающихся высокой изменчивостью и способных быстро распространяться, благодаря чему новая раса расселяется с большей скоростью, на первое место по эффективности защиты выступают сорта с полигенной устойчивостью. В этих случаях полигенная устойчивость по истечении длительного срока оказывается более ценной, так как из-за появления новых рас патогена срок годности сортов с вертикальной устойчивостью сокращается.

Наиболее логичный подход к оценке этих типов устойчивости состоит, вероятно, в том, чтобы сочетать и тот, и другой в одном сорте, т.е. создавать сорта, обладающие одновременно и вертикальной, и полигенной устойчивостью. Это сочетание будет одновременно повышать эффективность вертикальной устойчивости и одновременно способствовать усилению действия

полигенной устойчивости. Эффект взаимодействия в данном случае может быть объяснен таким образом.

Наличие вертикальной устойчивости задерживает начало поражения сорта до момента появления в полевой популяции рас, способных ее преодолеть. Одновременно действующая полигенная устойчивость, в какой бы форме она ни проявлялась – в устойчивости к заражению, инлукбационной устойчивости или слабом по интенсивности спороношении, - будет способствовать замедленному развитию поражения при появлении соответствующих рас гриба. Так определяют это взаимодействие: чем выше полигенная устойчивость, тем меньше скорость инфекции, а чем меньше скорость инфекции, тем больше польза от вертикальной устойчивости [3]. Таким образом, полигенная устойчивость может быть использована для усиления вертикальной.

Установлено, что полигенная устойчивость дает хороший эффект в сочетании с другими защитными мероприятиями. Так, для обеспечения надежной защиты на сортах с высокой полигенной устойчивостью требуется меньшее число обработок фунгицидами и меньший расход фунгицида, чем это необходимо для сорта с низкой полигенной устойчивостью.

Изменение полигенной устойчивости в зависимости от условий выращивания открывает большие возможности для использования приемов, повышающих ее. Все приемы, снижающие вредоносное действие болезни, - микроэлементы, рациональное сочетание удобрений и др. – гораздо эффективнее действуют применительно к сортам с полигенным типом устойчивости. Сочетание полигенной устойчивости сорта с рациональным использованием агротехнических приемов, снижающих вредность болезни, будет служить надежной защитой в борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур.

Таким образом, всегда следует признать целесообразным выращивание сортов с максимальной полигенной устойчивостью, если эти сорта отвечают всем другим агрономическим требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. – М.: Наука, 1986, 519 с.
2. Dickinson S. Growth of *Erysiphegraminis* on artificial membrans. // *Physiol. Pathol.*, 1990, 15, pp. 219-221.
3. Канчавели Ш.С. Физиологические и биохимические изменения в больном растении. // *Georgian Engineering News*, 2017, № 3, сс. 123-126.

SUMMARY

POLYGENE STEADINESS AND ITS ROLE IN PLANT PROTECTION

Kanchaveli Sh.S.

Scientific Research Centre of Agriculture

The mechanism of polygene steadiness lies in the ability of the plant to resist the installation of the pathogen and its development in the plant. It was determined that polygene type of steadiness provides protection of sorts from pathogens much longer in time in comparison with monogene type. Polygene steadiness gives a good effect in accordance with other protective measurements. For instance, to provide safe protection on sorts with high polygene steadiness less treatment with fungicides and less expenses of fungicides are needed than it was necessary for the sorts with low polygene steadiness.

Keywords: plant protection, polygene pathogen, steadiness.

ქართული მუხის (*Q.iberica Stev*) ბუნებრივი განახლება კახეთის ზომიერად მშრალი ეკოტოპის (*Subsiccum*) მუხნარებში

გაგოშიძე გ.ა., სამადაშვილი მ.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია
იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ეკოტოპი – *Subsiccum* – ზომიერად მშრალი (მომშრალი)
ტყის ბუნებრივი თესლითი განახლება არჯაკელის საფარიან მუხნარებში –
Quercetum lathyrosium

არჯაკელიან მუხნარებში ბუნებრივი თესლითი განახლება შესწავლილი იქნა ლაგოდების მუნიციპალიტეტის სოფელ ბაისუბნის მიდამოებში, ზღვის დონიდან 800 მ-ის სიმაღლეზე, სამხრეთი და სამხრეთ დასავლეთი ექსპოზიციის, 120-მდე დაქანების ფერდობებზე – ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგებით, სადაც საბურველის დაბალი შეკრულობის (0,3–0,4) მუხნარ კორომში შერევის სახით წარმოდგენილია – რცხილა, თამელი, ქორფი და იფანი, ხოლო პანტა, მაჟალო, ცაცხვი და სხვა მერქიანები – უმნიშვნელოდ. კორომის საბურველის საშუალო შეკრულობის (0,5–0,6–0,7) მუხნარებში კვლევები ჩატარებული იქნა საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის აგარაკ „რცხილის წყაროს“ მიდამოებში, ზღვის დონიდან 700 მ-ის სიმაღლეზე, სამხრეთი ექსპოზიციის, 100-მდე დაქანების ფერდობებზე – ასევე ნეშომპალა – კარბონატული ნიადაგებით. ქართული მუხის კორომში წარმოდგენილი იყო ასევე – კაკასიური რცხილა, იფანი, ქორაფი, თამელი, უმნიშვნელოდ – ბალამწარა, მინდვრის ნეკერჩხალი, ჩვეულებრივი თელა და კაკალი [1].

ჩვენს მიერ მუხისა და მასთან მზარდი ტყისშემქმნელი ძირითადი მერქიანი სახეობების ბუნებრივი თესლითი განახლების შესწავლის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ეკოტოპი – *Subsiccum* ზომიერად მშრალი (მომშრალი) ტყის ტიპი – *Quercetum lathyrosium* – მუხნარი არჯაკელის საფარით

კორომის საბურველის შეკრულობა	ცოცხალი საფარით ან ქმეცით დაფარულობის ხარისხი (%), დომინანტი სახეობა	საიმედო მოზარდის სიმაღლე (მ)	საიმედო მოზარდის რაოდენობა სახეობების მხედვით (ათასი ც/ჰა)					შენიშვნა
			მუხა	რცხილა	თამელი	ქორაფი	იფანი	
დაბალი	<i>Lathyrus roseus</i>	0.5-დგ	0,10	0,03	0,005	0,001	-	
0,3-0,4	50-60	0,6-1,0	0,007	-	0,001	-	0,02	
		1,1 – 1,5	0,007	-	0,001	-	-	
		1,6-2,0	0,02	0,01	-	0,001	0,001	
		2,0-ზე მეტი	0,01	0,01	-	-	-	
		სულ:0,209ათ.ც.	0,147	0,05	0,007	0,002	0,03	
საშუალო	<i>Lathyrus roseus</i>	0,5–დგ	0,01	0,02	0,001	0,01	0,02	
0,5–0,6–0,7	30-40	0,6-1,0	-	-	0,001	-	0,02	
		1,1-1,5	0,02	-	0,001	0,02	-	
		1,6-2,0	0,01	0,02	-	0,02	-	
		2,0-ზე მეტი	-	0,01	0,001	0,01	0,01	
		სულ: 0,204 ათ.ც.	0,04	0,05	0,004	0,06	0,05	
ჯამი: 0,413ათ.ც. = 413 ძირი			0,187	0,10	0,011	0,062	0,053	

ცხრილის მონაცემების მიხედვით, კორომის საბურველის დაბალი შეკულობის (0,3-0,4) პირობებში, არჯაკელის საფარი გავრცელებულია ნიადაგის 50–60%-ზე, რამაც განაპირობა მუხისა და სხვა სახეობების არადამაკმაყოფილებელი ბუნებრივი განახლება და რაც ჩანს კიდევ მის რაოდენობრივ მაჩვენებელში – 209 ძირი. მათგან 147 ძირი მუხის განახლების მაჩვენებელია და იგი სულ განახლების 73,5 %-ს შეადგენს. დანარჩენი სახეობებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით – 50 ძირი 1 ჰა-ზე – მხოლოდ რცხილა გვხვდება, რაც განახლების 25%-ია, ხოლო დანარჩენი მერქნიანები უმნიშვნელოდ არიან წარმოდგენილები.

საკუთრივ მუხის ბუნებრივი განახლება უმეტესად აღმონაცენ – ნორჩნარის 0,5 მ. სიმაღლემდე ეგზემპლიარების ხარჯზე მიმდინარეობს, მაგრამ ეს მაჩვენებელი მუხის სამომავლო ბუნებრივ განახლებაზე ვერ იძლევა სრულყოფილ, გარანტირებულ ინფორმაციას აღნიშნული ბიოლოგიური ხნოვანების წარმომადგენელთა არასაიმედო კატეგორიაში გადასვლის დიდი ალბათობის გამო და რადგან ამ სიმაღლის მცენარეები მუხის ბუნებრივი განახლების მაქსიმალური მაჩვენებლის 68%-ს შეადგენენ, მომავალში მუხნარების ფორმირების პროგნოზი უარყოფით კონტექსტში შეიძლება წარმოვიდგინოთ.

ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან მიხედვით, კორომის საბურველის საშუალო შეკრულობის პირობებში, ზოგადად მუხნარებში ბუნებრივი განახლების ჯამური მაჩვენებელი მცირედ, მაგრამ გაუარესებულია და 204 ძირს შეადგენს, რისი მიზეზიც საბურველის შეკრულობის მატება, არჯაკელის საფარის განვითარება, მაღალი ტემპერატურები, ანთროპოგენული და სხვა ბიოტური ფაქტორების მნიშვნელოვანი გავლენა და სხვა მეტნაკლებად გამოკვეთილი პრობლემებია.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგების მიხედვით, მუხის ბუნებრივი განახლების ჯამური მაჩვენებელი მეტად მცირეა და 40 ძირს შეადგენს, რაც ბუნებრივი განახლების ჯამური მაჩვენებლის 20%-მდე შეადგენს. ოდნავ უკეთესი მაჩვენებელი აქვს რცხილას – 50 ძირი, რომელიც ბუნებრივი განახლების მთელი რაოდენობის 24,5%-ს შეადგენს. იგივე მაჩვენებლით ხასიათდება იფანი, ხოლო დანარჩენ სახეობებზე უკეთესი განახლებით ქორაფი გამოირჩევა – 60 ძირი, ანუ 29%, რაც შეეხება თამელს, იგი სულ 4 ძირით არის წარმოდგენილი და 2%-ის ფარგლებშია.

როგორც ვხედავთ მუხნარში არჯაკელის საფარით, ბუნებრივი განახლება უკიდურესად არადამაკმაყოფილებელია, რაც გარდა ბუნებრივი გზით განახლების პროცესის რეგულირებისა, კულტივირების მეთოდების გამოყენებას, ნათესარისა თუ ნარგავების მკაცრად დაცვასა და მათზე კონტროლს საჭიროებს.

ტყის ბუნებრივი თესლითი განახლება წივანის საფარიან მუხნარებში – *Quercetum festucosum*.

წივანის საფარიან მუხნარებში, სადაც ქართული მუხის გარდა გარკვეული მოცულობითაა შერეული ძირითადად – რცხილა, ცაცხვი, იფანი, ქორაფი, ხოლო უმნიშვნელო რაოდენობით – მინდვრის თელა, კორპიანი თელა, ბალამწარა, მინდვრის ნეკერჩხალი და პანტა – ბუნებრივი თესლითი განახლება შევისწავლეთ თელავის მუნიციპალიტეტის სოფლების – ფშავლისა და ლეჩურის მიდამოებში – მდ. სტორის ხეობაში, სამხრეთი და სამხრეთ-დასავლეთი ექსპოზიციების ფერდობებზე, აგარაკ „თორღვას აბანოს“ მიმდებარედ, ზღვის დონიდან 700 – 900 მ-ის სიმაღლეზე, 200-მდე დახრილობის რელიეფის, ნეშომპალა – კარბონატულ ნიადაგურ პირობებში. საბურველის დაბალი (0,3–0,4) და საშუალო (0,5–0,6–0,7) შეკრულობის მუხნარებში აღებულ სანიმუშო ფართობებზე შესწავლილი ბუნებრივი თესლითი განახლების შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ეკოტოპი – *Subsiccum* ზომიერად მშრალი (მომშრალი) ტყის ტიპი – *Quercetum festucosum* – მუხნარი წივანას საფარით

კორომის საბურველის შეკრულობა	ცოცხალი საფარი ან ქვეყით დაფარულობის ხარისხი (%), დომინანტი სახეობა	საიმედო მოზარდის სიმაღლე (მ)	საიმედო მოზარდის რაოდენობა სახეობების მხედვით (ათასი ც/ჰა)					შენიშვნა
			მუხა	რცხილა	ცაცხვი	იფანი	ქორავი	
დაბალი	<i>Festuca montana</i>	0,5-დუ	0,06	0,11	0,02	0,003	0,008	
0,3-0,4	50-70	0,6-1,0	0,02	0,10	-	0,01	-	
		1,1-1,5	0,04	0,04	-	0,002	-	
		1,6-2,0	0,02	0,04	0,02	0,002	-	
		2,0-ზე მეტი	0,01	0,02	0,01	-	0,002	
		სულ:0,537ათ.ც.	0,150	0,310	0,50	0,017	0,010	
საშუალო	<i>Festuca montana</i>	0,5-დუ	0,04	0,20	0,15	0,02	0,002	
0,5-0,6-0,7	30-40	0,6-1,0	0,03	0,07	0,05	0,02	0,001	
		1,1-1,5	0,02	0,10	-	-	0,01	
		1,6-2,0	0,01	0,04	0,02	-	-	
		2,0-ზე მეტი	0,01	0,02	0,01	0,01	-	
		სულ: 0,833 ათ.ც.	0,110	0,43	0,23	0,05	0,013	
ჯამი: 1,37 ათ.ც. = 1370 ძირი				0,260	0,740	0,280	0,067	

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, მუხისა და თანამზარდი მერქნიანი სახეობების ბუნებრივი განახლების ჯამური მაჩვენებელი 537 ძირს შეადგენს. აქედან მუხა 150 ძირით არის წარმოდგენილი, რომელიც საერთო შესაბამისი მაჩვენებლის 28%-ს შეადგენს. რცხილის განახლება ორჯერ და მეტად აღემატება მუხისას და შეადგენს 310 ძირს, ანუ 58%-ს, დანარჩენი სახეობების ბუნებრივი თესლითი განახლების მაჩვენებლები ერთად 77 ძირს შეადგენს და 14%-ით არის წარმოდგენილი. 0,6 მ-დან 2,0 მ-ზე მეტი სიმაღლის მუხის საიმედო მოზარდი 301 ძირით სჭარბობს აღმონაცენ-ნორჩნარ-მოზარდს 0,5-მდე, რაც მუხის მთელი რაოდენობის 60%-ს შეადგენს. ამ მხრივ უკეთესი მაჩვენებელი აქვს რცხილას, რომლის საიმედო მოზარდი 0,6 მ-დან 2,0 მ-ზე მეტი სიმაღლით, 90 ძირით სჭარბობს რცხილის 0,5მ-დე აღმონაცენ-ნორჩნარ-მოზარდს, ხოლო 110 ძირით – მუხის საიმედო მოზარდის რაოდენობას 0,6 მ-დან 2მ-ზე მეტი სიმაღლისას.

როგორც ვხედავთ, წივანიან მუხნარში საბურველის შეკრულობით -0,3-0,4, ბუნებრივი თესლითი განახლების მაჩვენებელი შედარებით უკეთესია, ვიდრე აქამდე განხილულ ტყის ტიპებში საბურველის იგივე შეკრულობით, მაგრამ ბუნებრივი განახლების შეფასების დღეისათვის არსებული შკალის მიხედვით მაინც-არადამაკ-მაყოფილებელი – წივანის საფარის განვითარების, მაღალი ტემპერატურების, ანთროპოგენული და სხვა ბიოტური ფაქტორების გამო [2].

ცხრ. 2-ის მონაცემების მიხედვით, ჩვენს მიერ შესწავლილ წივანისსაფარიან მუხნარებში ბუნებრივი თესლითი განახლება ბევრად უკეთესია აქამდე განხილულ ტყის ტიპებთან შედარებით, კორომის საბურველის შეკრულობის მსგავსი ხარისხით და შეადგენს 833 ძირს, საიდანაც მუხის წილად მოდის 11 ძირი ანუ მთელი განახლების 13,2%, მას მნიშვნელოვანდ უსწრებს რაოდენობით რცხილა – 430 ძირი ანუ მთელი განახლების 51,6%, მუხაზე ორჯერ უკეთესი მაჩვენებელი აქვს ცაცხვსაც – 230 ძირი, ანუ 27,6%, თუმცა თითქმის ორჯერ ჩამორჩება რცხილას. რაც შეეხება იფნის და ქორავის ბუნებრივ განახლებას ერთად აღებულს (63 ძირი ანუ 7,6%), მათი განახლების მაჩვენებელი უმნიშვნელოა ცალ-ცალკე მუხის, რცხილისა და ცაცხვის მაჩვენებლებზე.

მუხის 110 ძირიდან 0,6 მ-დან 2,0 მ-ზე მეტი სიმაღლის საიმედო მოზარდის რაოდენობა 70 ძირია ანუ მისი მთელი რაოდენობის 63,6%, რაც მეტად მცირეა ისევე როგორც ზოგადად საბურველის საშუალო შეკრულობის პირობებში მთელი კორომის ბუნებრივი თესლითი განახლება. მუხის ბუნებრივი განახლების დღეისათვის არსებული მდგომარეობის მიხედვით, მისი გაუმჯობესების ხელისშეწყობის გარეშე, აშკარაა რცხილით მისი ცვლის პროცესის განვითარება, რაც კორომის ხარისხობრივი მაჩვენებლის (საქონლიანობის) მკვეთრ დაცემას გამოიწვევს.

როგორც ვხედავთ, ჩვენს მიერ შესწავლილ მუხნარებში წივანის საფარით, ბუნებრივი თესლითი განახლება უკვე განხილულ ტყის ტიპებში მსგავსი პროცესის რაოდენობრივ მაჩვენებლებთან შედარებით თუმცა უკეთ მიმდინარეობს, მაგრამ ბუნებრივი განახლების შეფასების დღეისათვის სახელმძღვანელო კრიტერიუმების მიხედვით – არაა დამაკმაყოფილებელია და საჭიროებს პრევენციის შესაბამისი ეფექტური ღონისძიებების გატარებას.

როგორც ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზი გვჩვენებს:

1. ყველა მუხნარ ტყის ტიპში, საბურველის შეკრულობის როგორც დაბალი (0,3–0,4), ისე საშუალო (0,5–0,6–0,7) ხარისხის პირობებში ბუნებრივი თესლითი განახლება არაა დამაკმაყოფილებელია.

2. არაა დამაკმაყოფილებელი ბუნებრივი განახლების მიზეზები კომპლექსურია, კერძოდ:

3. გლობალური დათბობის ტენდენცია-ტემპერატურის ყოველწლიური მატებით;

4. სხვადასხვა სახის პირუტყვის დაურეგულირებელი ძოვება;

5. მუხის ნაყოფის (რკოს) მასობრივი შეგროვება, ბაგურ და ზოგადად გადახურულ სადგომებში განთავსებული პირუტყვის გამოსაკვებად;

6. მუხის ნაყოფის (დაფქვილი სახით) გამოყენება შინაური ფრინველის საკვებ რაციონში დანამატის სახით;

7. მუხის ნაყოფის შეგროვება ყავის სუროგატად გამოყენების მიზნით;

2.6. მუხის ნაყოფის მასიური ათვისება-დაზიანება – გარეული ნადირის, მრდნელების, ენტომოფაუნის მიერ და სოკოვანი დაავადებების მიზეზით;

8. მუხნარებისა და მუხაშერეული კორომების ინტენსიური ჭრების გამო, კლიმატურ-ნიადაგური პირობების კიდევ უფრო გაუარესება – კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე;

9. მუხნარების ხელოვნური განახლებისათვის (კულტივირებისათვის) სანერგე მეუნეობების არარსებობა;

10. ეფექტური სატყეო სტრუქტურების გაუქმება და არაეფექტური სამეურნეო ერთეულების ფუნქციონირება;

11. არაეფექტური სატყეო-სამეურნეო ერთეულების მიერ ტყის ეკოსისტემების მართვისა და მასზე კონტროლის მექანიზმების შესუსტება;

12. ტყეების დაცვის, მოვლისა და კვლავწარმოების სფეროში პროფესიონალების დეფიციტი;

13. მუხნარების მაღალი ბიოლოგიური ხნოვანება, შესუსტებული რეპროდუქციული უნარი და სხვა.

აღნიშნული მდგომარეობის პრევენციის მიზნით საჭიროა სამეურნეო ღონისძიებების ჩატარება:

- ტყეების ინვენტარიზაციის სამუშაოების ოპტიმიზაცია,
- კონტროლი მუხნარებისა და ზოგადად ტყეების ექსპლუატაციაზე;
- ძოვების ინტენსიობის რეგულირება;
- მუხნარების ფიტოსანიტარული მდგომარეობის მონიტორინგი, საპრევენციო ღონისძიებების დამუშავება და პრაქტიკული განხორციელება.
- კონტროლი მუხის ნაყოფების შეგროვებაზე.
- სანერგე მეუნეობების აღდგენა, მუხნარებისა და ზოგადად ტყეების კვლავწარმოებისათვის;
- განსაკუთრებით მოწვევლად სატყეო მონაკვეთებზე, საიმედო მოზარდის დაცვისათვის შემოღობვის პრაქტიკის გამოყენება;

- ბალახოვანი საფარისა და ქვეტყის სიხშირის რეგულირების მეთოდების გამოყენება;
- ხანძარსაწინააღმდეგო საპრევენციო ღონისძიებების დამუშავება საჭიროების შემთხვევაში გამოსაყენებლად;
- კონტროლი ინვაზიური სახეობების გავრცელებაზე, რეგულირების შესაბამისი ღონისძიებების მომზადებით.

ლიტერატურა

1. გ. გაგოშიძე. კახეთის მდ. ალაზნის მარცხენა სანაპიროს ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები და ტყემცენარეულობა. //საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, №24, თბილისი, 2009წ., გვ. 87-91;
2. ჭრის წესები საქართველოს ტყეებში. -თბილისი 2000წ., გვ. 4-47.

SUMMARY

NATURAL UPDATE OF GEORGIAN OAK (*Q.iberica Stev*) IN TEMPERATE DRY ECOTOPE (*Subsiccum*) FORESTS IN KAKHETI

Gagoshidze G.A. and Samadashvili M.E.

Georgian Technical University

Georgian Academy of Agricultural Sciences

Iakob Gogebashvili Telavi State University

In the Kakheti region, moderately dry ecotopes oaks are represented by two forest types - Arjakeli and Sivan oak. There is virtually no natural upgrading in them due to unregulated cattle grazing, and a natural seed uptake rate that is in the village of Baisubani, Lagodekhi municipality, in the village of RtskheliTskali (Arjakeliani type), Telavi village, and Telavi municipality In the bath "M. located Tsivaniani-type) in the vicinity of the study, presented extremely unsatisfactory characteristics. The reason is that besides cattle grazing, there are a number of negative effects of the anthropogenic factor.

Keywords: anthropogenic, ecotope, offshoot, velum, carbonate, planting.

(*Spirea*), კოლხური ბუა (*Buxus colchica*), კაკალი (*Juglans regia*), თეთრი თუთა (*Morus alba*), ლეღვი (*Ficus carica*) და სხვა. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ გაშენებული მცენარეების ძალზე დიდი ნაწილი ამორტიზირებულია, რასაც არაერთი მიზეზი აქვს მაგალითად, მცენარეების მაღალი ხნოვანება/გადაბერება, ხანძრები, მანებლებით დაზიანება, ანთროპოგენული ფაქტორი, მრავალი წლის განმავლობაში მოუვლელიობა და სხვა. ასევე აღსანიშნავია ისიც, რომ იმ ტერიტორიების ზოგიერთ ნაწილზე, სადაც ადრე დაცვითი ზოლები იყო მოწყობილი, დღეს ფაქტიურად მოშიშვლებული ველებია, დიდი ნაწილი კი ძალზედ გამეჩხერებულია.

უნდა აღინიშნოს, რომ სს „საქართველოს რკინიგზამ“ ბოლო პერიოდში დაიწყო ზრუნვა სარკინიგზო დაცვითი ტყის ზოლების მოვლა-შენახვაზე, თუმცა ჯერ კიდევ ბევრია გასაკეთებელი არსებული მდგომარეობის გამოსასწორებლად [2].

აღსანიშნავია, რომ თავის დროზე დაცვითი ტყის ზოლების დაპროექტებისას და გაშენებისას დაშვებული იყო სერიოზული შეცდომები. მაგალითად, შეცდომა იყო ზოლებში მცენარეთა განლაგება კვადრატულად, რადგან ამ შემთხვევაში ქარის ნაკადის სამოძრაოდ ერთგვარი დერეფანი იყო შექმნილი, რაც ნაკლებად ეფექტურს ხდიდა ზოლების ქარდაცვით უნარს. გაცილებით მოსახერხებელი იქნებოდა მათი ჭადრაკულად განლაგება- ქარის მასების საწინააღმდეგოდ რეალური ბარიერის შექმნის მიზნით. ამიტომ, მომავალში ჩვენს მიერ შესწავლილი მონაკვეთის, ზოგადად სარკინიგზო ტყის ზოლების დაცვითი ფუნქციის დაკნინებისა და ამის გამო სარკინიგზო მაგისტრალის დაუცველად დარჩენის საშიშროების საპრევენციოდ, საჭიროა განხორციელდეს ახალი ზოლების დაპროექტება აღნიშნული და სხვა ხარვეზების გათვალისწინებით, რაც გულისხმობს დღეს არსებული კვადრატული განლაგების ნაცვლად, მცენარეების განლაგებას ჭადრაკულად- ზოლების დაცვითი ფუნქციის გაუმჯობესებისა და მათი მუშაობის დადებითი ეფექტის მისაღწევად.

დაცვით ტყის ზოლებში ძირითადი მერქნიანი მცენარეების სწორად შერჩევისა და მათი ასევე სწორად განლაგების შემთხვევაში ამ ზოლების ქარდაცვითი ფუნქცია გაცილებით ეფექტური იქნება, რადგან ქარის ნაკადი, რომელიც მოძრაობის მთელ პერიოდზე შეხვდება სერიოზულ წინაღობას ძირითადი ხე-მცენარეებისა და სხვა მერქნიანების სახით, დაკარგავს მოძრაობის სიჩქარესა და აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვნად შესუსტდება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე:

- საჭიროა ზოლებში გასაშენებელ მცენარეთა ასორტიმენტის სწორად შერჩევა, ადგილმდებარეობის კონკრეტული პირობების თავისებურებების გათვალისწინებით;
- აუცილებელია ქარის სიძლიერის მიხედვით I ჯგუფის რაიონებში გაშენებული დაცვითი ტყის ზოლების შემადგენლობაში გამოყენებული მერქნიანი მცენარეების გარკვეული პროცენტი იყოს წიწვოვანი სახეობები-გვიანი შემოდგომის, ზამთრისა და ადრე გაზაფხულის პერიოდში ფოთლომცვენი მერქნიანების სუსტი ქარდაცვითი უნარის გასაძლიერებლად;
- ფოთლოვანი მერქნიანებიდან სასურველია ვერხვის სახეობების გამოყენება, მაგ. კანადური ვერხვის (*Populus deltoides*) და ალვის ხის (*Populus pyramidalis*-დაცვითი ტყის ზოლებისათვის აუცილებელი და ეფექტური ბიოლოგიურ-ეკოლოგიური თავისებურებების გამო);
- დაცვითი ტყის ზოლების ლოკაციის მიმდებარედ, აუცილებელია საირიგაციო სისტემის მოწყობა-წლის მშრალ პერიოდებში ტყის ზოლებში გაშენებული მერქნიანი მცენარეების, ტენის სასიცოცხლოდ აუცილებელი მარაგით უზრუნველსაყოფად.

ლიტერატურა

1. თ. ჯაფარიძე. მეტეოლოგია. -თბილისი, განათლება, 2003, 297 გვ.
2. სს „საქართველოს რკინიგზის“ საარქივო დოკუმენტაცია

სს „საქართველოს რკინიგზის“ საარქივო დოკუმენტაცია :

- МИНТРАНССТРОЙ СССР – ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА - “УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРАССЫ И ПРОФИЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ СНЕГОЗАНОСИМОСТИ” - 1987 წ.;
- “Борьба со снежными заносами” - (ორენბურგის რკინიგზის მოწინავე კოლექტივების გამოცდილება) - 1987 წ.
- МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ – “ИНСТРУКЦИЯ ПО СНЕГОВОРЬБЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СОЮЗА ССР” - 1989 წ.;
- სს „საქართველოს რკინიგზის“ სამშენებლო პროექტი „ახალი სარკინიგზო ხაზი ახალქალაქი-კარწახი თურქეთის რესპუბლიკის საზღვრამდე და სასაზღვრო სარკინიგზო სადგური კარწახი“ (საპროექტო ღონისძიებები სადგურ კარწახსა და ახალქალაქი-თურქეთის რესპუბლიკის საზღვრის უბანზე ლიანდაგის თოვლით დანამქრის დასაცავად) - 2008 წ.;
- სს „საქართველოს რკინიგზის“ სამშენებლო პროექტი „თბილისი-მახინჯაურის სარკინიგზო მაგისტრალის მოდერნიზაციის პროექტი“ (საპროექტო ღონისძიებები მოდერნიზებული მაგისტრალის დასაცავად) - 2010 წ.
- სს „საქართველოს რკინიგზის“ სამშენებლო პროექტი - „ქუთაისის საერთაშორისო აეროპორტამდე მისასვლელი რკინიგზის მშენებლობა“ (საპროექტო ღონისძიებები ახალი ლიანდაგის ხაზის გასწვრივ ქარსაფარი ზოლების მოსაწყობად) - 2016 წ.

SUMMARY

CONDITION OF DEFENSIVE FOREST SHELTERBELT, ON THE GORI-KHASHURI RAILWAY AND FORESTRY RECLAMATION ACTIVITIES FOR PREVENTION

Gagoshidze G.A. and Shevardnadze D.M.

Georgian Technical University

Georgian Academy of Agricultural Sciences

JSC "Georgian Railway"

It is very important for the economic development of the country that the railway network in the country would be ready to carry a large volume of freight, as well as to carry passengers comfortably and smoothly. This is especially relevant today, when we have a great chance to become the leading region connecting Asia and Europe in the field of freight transportation, and we also want to attract many tourists. In order for the railway to perform the above tasks, it is necessary to protect the railway and its surrounding infrastructure from damage and to reduce the capacity of the railway due to natural disasters. It should also be noted that natural disasters in Georgia, such as avalanches, landslides, mudslides, etc. are particularly frequent, powerful and therefore more damaging in the wake of global climate change. which also endangers the operation of the railroad. There are several types of protective equipment available to protect the rails, including Defensive Forest Shelterbelt. One of the most important parts of the Georgian railway network is the railway located in the Gori-Khashuri section, where the current Condition of Defensive Forest Shelterbelt is not acceptable and shelter forests need to be reconstructed.

Keywords: mainline railroad, capacity, zones, cataclysms, wind, windshield, erosion.

საქართველოს სამკურნალო ტალახების (კელოიდების) ორბანული ფრაქციის კვლევა და მათი კოსმეტიკურ საშუალებებში გამოყენება

დედარიანი ნ.გ., ზაკალაშვილი თ.თ., კობაური ს.გ., ბოკუჩავა ნ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პელოიდოთერაპიის გაუმჯობესების ერთ-ერთი აქტუალური მიმართულებაა სამკურნალო ტალახების საფუძველზე სამკურნალო-პროფილაქტიკური და კოსმეტიკური საშუალებების მიღება, რომლებიც მოსახერხებელია გამოსაყენებლად, ტრანსპორტირებისთვის და შესანახად. სამკურნალო ტალახის პრეპარატების გამოყენება უზრუნველყოფს ბუნებრივი ტალახის დანახარჯის მნიშვნელოვან შემცირებას და პელოიდოთერაპიის ჩვენებების გაფართოებას [1].

თანამედროვე პირობებში რაციონალურად შეიძლება ჩაითვალოს ტალახის ფარმაცევტული, პარაფარმაცევტული და კოსმეტიკური პრეპარატები: დაფასოებული ტალახი, ხსნარები (წყლიანი, სპირტიანი, ზეთიანი), მალამოები, გელები, ნიღბები, კრემები, სანთლები და სხვა.

დღეისათვის კოსმეტიკური პროდუქციის მწარმოებლების ასორტიმენტში შედის კოსმეტიკური პროდუქციის ჯგუფი, რომელიც ბუნებრივ ტალახთან ერთად შეიცავს ტალახის კომპონენტებს – მარილიან ხსნარს და ტალახის გამონაწურს, თუმცა მრავალ კოსმეტიკური საშუალებების შედგენილობაში არ არსებობს დეტალიზაცია როგორც ფორმაში გამოიყენება სამკურნალო ტალახი – ბუნებრივი სახით, თუ ტალახის გამონაწური.

აღსანიშნავია, რომ გადამუშავებული პროდუქტების – სამკურნალო ტალახის ექსტრაქტების გამოყენებას კოსმეტიკურ საშუალებებში აქვს მთელი რიგი უპირატესობა ბუნებრივ ტალახთან შედარებით:

- ტალახის ექსტრაქტებს აქვს უფრო სტაბილური ქიმიური შედგენილობა;
- ექსტრაქტების გამოყენება უფრო ტექნოლოგიურია, რადგან შესაძლებელია რიგი პრობლემების აცილება;
- ექსტრაქტები მიიღება ტექნოლოგიით, რომელიც გამორიცხავს არასასურველი მინარევების (მძიმე მეტალები, რადიონუკლიდები) გადასვლას მზა პროდუქტში;
- ექსტრაქტები ხასიათდება მაღალი მიკრობიოლოგიური სტაბილურობით;
- კოსმეტიკური ექსტრაქტები მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს კოსმეტიკური საშუალებების გარეგნულ სახეს და ორგანოლეპტიკურ თვისებებს, კერძოდ აცილებს ბუნებრივი ტალახისთვის დამახასიათებელ სუნს;
- ექსტრაქტების გამოყენებით შეიძლება კოსმეტიკური საშუალებების ასორტიმენტის გაფართოება, როგორცაც კანის მოვლის საშუალებები; ღოსიონები, კოსმეტიკური რძე, კრემები. ბუნებრივი ტალახის ასორტიმენტი კი შემოიფარგლება ნიღბებით, საფენებით, აპლიკაციებით [2].

მცენარეული ნედლეულის (ქაჯვის ზეთი, ასკილის ზეთი, ტომატის ზეთი) ზეთიანი გამონაწურები შეიცავს კაროტინოიდებს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება კოსმეტიკაში და მედიცინაში გარეგანი გამოყენებისთვის [3].

კაროტინოიდების ფარმაკოლოგიურ თვისებებს მიეკუთვნება მათი ანთებისაწინააღმდეგო და რეპარაციული აქტიურობა. კაროტინოიდები ანტიოქსიდანტური და რეპარაციული თვისებების წყალობით იცავს კანს უი-გამოსხივების ზემოქმედებისგან, ასევე გამოიყენება კანის სიმშრალისა და აქერცვლის ასაცილებლად. კაროტინოიდების მოთხოვნაა საყმაწვილო კანის საშუალებებში, სადაც განსაკუთრებით აქტუალურია დაჯვის ანტირადიკალური სისტემების გამოყენება, ასევე რეპარტიული თვისებების არსებობა. კაროტინოიდებს ასევე იყენებენ კანის მოვლის რეცეპტურებში ნამზეურების შემდეგ [4,5].

ქლოროფილები ავლენენ მაღალ ეფექტურობას მთელი რიგი კანის დაავადებების სამკურნალოდ – ეგზემა, პიოდერმია, ფსორიაზი. შესწავლილია და ფართოდ გამოიყენება კოსმეტიკაში ქლოროფილის პრეპარატების ანტიმიკრობული და მადეზოდორირებელი თვისებები [6].

კოსმეტიკური საშუალებების შედგენილობაში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული დამხმარე კომპონენტია ცხიმოვანი ზეთები, რომლებიც კოსმეტიკურ საშუალებებში ადადგენენ ლიპიდურ ბარიერს (აქტუალურია მშრალი, დაბერებული კანის მოსაველეად, ფერისმჭამელებიანი კანისთვის).

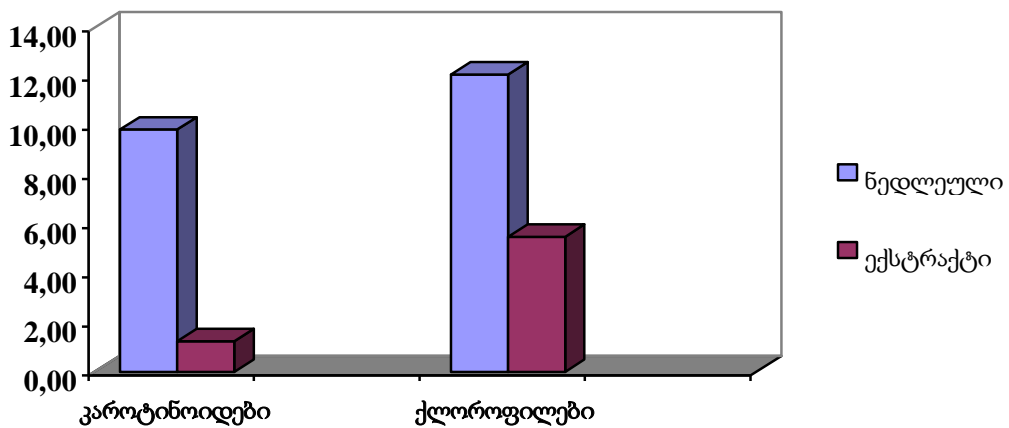
ბუნებრივი მარილები არეგულირებენ წყალ-მარილოვან ბალანსს, ზრდიან კანის ელასტიკურობას, ასწორებენ ნაოჭებს, ახდენენ ანთებ საწინააღმდეგო მოქმედებას, ასუფთავებენ კანს [7].

სპირტიანი ექსტრაქტი, მათ შორის ზეთიან ექსტრაქტთან შეთავსებით, შეიძლება გამოყენებულ იქნას მაკიაჟის მოსაცილებელ საშუალებებში, გამწმენდ ღოსიონებში, ტონიკებში, კოსმეტიკურ რძეში. მათ შორის პრობლემურში, რომელიც დამახასიათებელია ფერისმჭამელებიანი კანისთვის.

საინტერესოა გადამუშავებული პროდუქტების გამოყენება თმისა და თავის კანის მოვლის საშუალებებში. ამ მიმართულებით მიზანშეწონილი იქნება ზეთიანი, სპირტიანი და ტალახის გამონაწურის ბაზაზე მკვებავი, თმის ძირების გასამაგრებელი ნიღბების გამოშვება.

ტალახიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების (ბან) გამოსაყოფად ეფექტური ექსტრაქციისთვის, გამსხნელის შეცვლის მიზნით შესწავლილ იქნა ლიპიდური ფრაქციის გამოსავალი გრავიმეტრიული მეთოდით 96% ეთილის სპირტით და სპირტ-ეთერული ნარევი. ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ ტალახის ლიპოფილური ფრაქციის სპირტიანი ექსტრაქციის საერთო გამოსავალი იზრდება თითქმის 2-ჯერ. ეს მონაცემები შეესაბამება ლიპიდური ფრაქციის სხვადასხვა გამსხნელებით ექსტრაქციის კვლევის მონაცემებს. შედეგებმა აჩვენა ადრე გამოყენებული ექსტრაგენტების ეთილის სპირტით შეცვლის პერსპექტიულობა.

ეთილის სპირტით ექსტრაქციის ეფექტურობის შესაფასებლად ჩატარებული იყო კაროტინოიდების და ქლოროფილების შემცველობის რაოდენობრივი განსაზღვრა 96% ეთილის სპირტით მიღებულ ტალახის გამონაწურში, გამოსავალ ნედლეულში მათ რაოდენობასთან შესადარებლად.

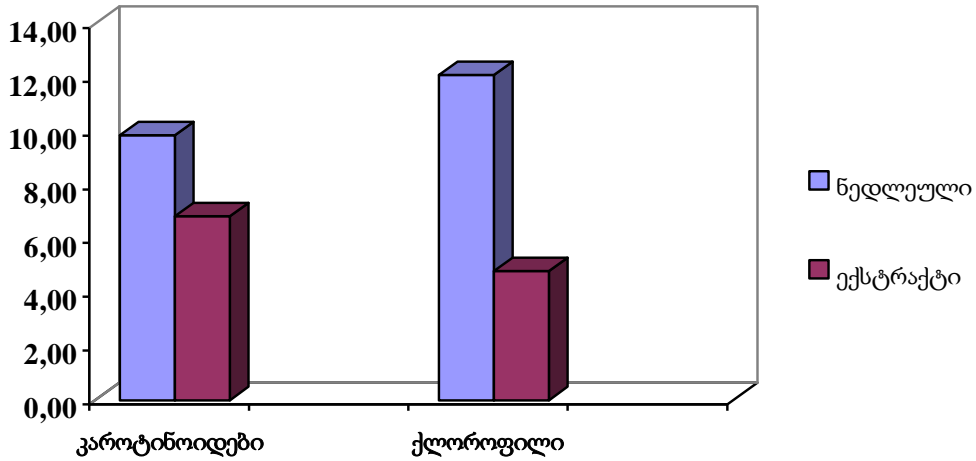


ნახ. 1. კაროტინოიდებისა და ქლოროფილების შემცველობის შედარებითი კვლევა ნედლეულსა და სპირტიან გამონაწურში

ნახ. 1-დან ჩანს, რომ მშრალი ტალახის სპირტიანი ექსტრაქცია არ უზრუნველყოფს კაროტინოიდებისა და ქლოროფილების სრულ გამოყოფას. ამასთან კაროტინოიდები სპირტიან ექსტრაქტში მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე ქლოროფილები. აუცილებელია დამატებითი ექსტრაქციის ჩატარება ლიპოფილური ექსტრაგენტით, რისთვისაც შევარჩიეთ ეკოლოგიური თვალსაზრისით უსაფრთხო და დამატებით ბიოლოგიურად ღირებული მცენარეული ზეთები.

ტალახის სპირტიანი ექსტრაქციის შესწავლის შემდეგ ჩავატარეთ ზეთიანი ექსტრაქციის პროცესის კვლევა. ტალახს სპირტიანი გამონაწურის გამოყოფის შემდეგ დავამატეთ მცენარეული (მზესუმზირის) ზეთი, გავაცხელებთ 50–60 °C-მდე, შემ-

დეგ სრულად მოვაცილეთ ნარევიდან ეთილის სპირტი. ზეთი გამოვყავით ტალახიდან, დავაფიქსირეთ პიგმენტების შემცველობა. ნახ.2. წარმოდგენილია კაროტინოიდებისა და ქლოროფილების სპირტ-ზეთიანი ექსტრაქციის შედეგები წინასწარი სპირტიანი ექსტრაქციის შემდეგ.

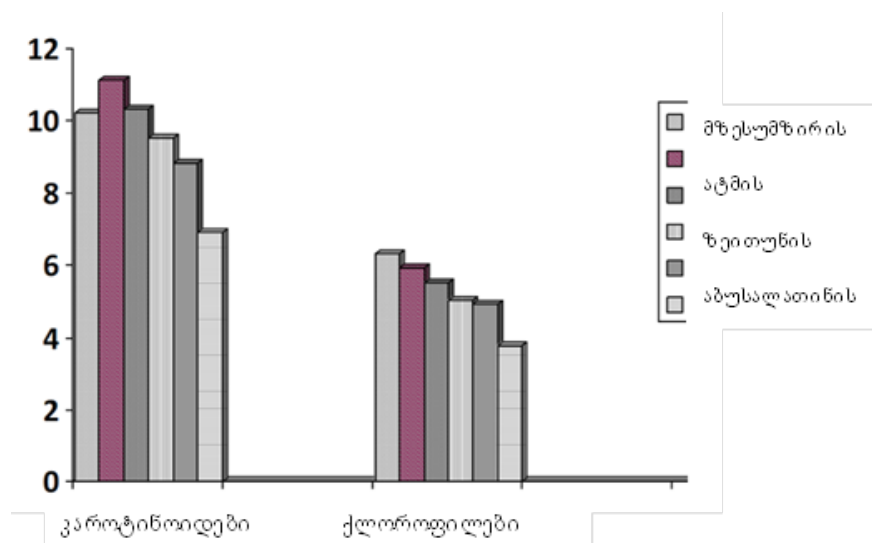


ნახ. 2. კაროტინებისა და ქლოროფილების ექსტრაქცია სპირტ-ზეთიანი ნარევით

ამგვარად, მეორე ეტაპზე ზეთიანი ექსტრაქციის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის კაროტინოიდების გამოსავალს. ქლოროფილების შემცველობა რამდენადმე მცირდება, რაც დაკავშირებულია პირველ ეტაპზე ამ ფრაქციის მნიშვნელოვანი ნაწილის გადასვლასთან ნედლეულიდან სპირტიან გამონაწურში.

ნედლეულის ორსაფეხურიანი ექსტრაქცია ბუნებით განსხვავებული სხვადასხვა ექსტრაგენტებით – ეთილის სპირტი და მცენარეული ზეთი საშუალებას იძლევა უფრო სრულად და უსაფრთხოდ გამოვყოთ პიგმენტები – კაროტინოიდები და ქლოროფილები.

კვლევის შემდეგ ეტაპზე ჩავატარეთ სხვადასხვა მცენარეული ზეთების და ვახელინის ზეთის ექსტრაქციის უნარის შედარებითი შესწავლა ლიპოფილურ ნივთიერებებთან მიმართებაში ტალახი – ქლოროფილები და კაროტინოიდები (ნახ. 3).



ნახ. 3. ჰაერმშრალი სოკეური ტალახის პიგმენტების სხვადასხვა ზეთებით ექსტრაქციის შედარებითი შესწავლა

კვლევამ აჩვენა, რომ მოქმედი ნივთიერებების რაოდენობითი ექსტრაგირების უნარი თხევადი ზეთების (მზესუმზირის, ატმის, ზეთუნის) სრულად ესადაგება ერთმანეთს. აბუსალათინისა და ვაზელინის ზეთის ექსტრაგირების უნარი ნაკლებად არის გამოკვეთილი, რაც აიხსნება მათი სიბლანტით, რომელიც აფერხებს მოლეკულური დიფუზიის პროცესს. მინიმალური ექსტრაქციული უნარი შეიმჩნევა ვაზელინის ზეთში, განსაკუთრებით ქლოროფილთან მიმართებაში, რაც შესაძლებელია დაკავშირებული იყოს მათ შეზღუდულ ხსნადობასთან ნახშირწყალბადებში [8].

მცენარეული ზეთების ექსტრაგირების უნარი სრულად ესადაგება ერთმანეთს, რაც მიუთითებს მათ ექსტრაგენტებად გამოყენების შესაძლებლობას პელიოდების საფუძველზე პრეპარატების მისაღებად გარეგანი (კაკაოს, ქოქოსის ცხიმი, ზეთუნის და ატმის ზეთი) და შინაგანი (მზესუმზირის და ზეთუნის ზეთები) გამოყენებისთვის.

ტალახის გადამუშავებული პროდუქტების გამოყენებამ შეიძლება მოიცვას კანის მოვლის ყველა ეტაპი: გაწმენდა, დატენიანება, კვება, ინტენსიური მოვლა აუცილებლობის შემთხვევაში. ტალახის პროდუქტები შეიძლება შევიდეს საყმაწვილო, პრობლემური, ფერისმჭამელებიანი კანის, ტანის მოვლის, მათ შორის ფიგურის კორექციისა და კანის გარეგნული სახის გაუმჯობესების პროგრამაში. კვლევის ფარგლებში ტალახის ექსტრაქტების საფუძველზე შესაძლოა მივიღოთ სხვადასხვა სამკურნალო-პროფილაქტიკური და კოსმეტიკური საშუალებები, რომლებიც მოსახერხებელია გამოსაყენებლად, ტრანსპორტირებისთვის და შესანახად. სამკურნალო ტალახის პრეპარატების გამოყენება უზრუნველყოფს ბუნებრივი ტალახის დანახარჯის მნიშვნელოვან შემცირებას და პელიოდოთერაპიის ჩვენებების გაფართოებას.

ლიტერატურა

1. Бокучава Н. В. Лечебные грязи Грузии. -Тбилиси, ГТУ, 2009, 150 с.
2. Zorica Potpara, Nataša Duborija-Kovačević . Effects of the peloid cream from the Montenegrin Adriatic coast on skin humidity, transepidermal water loss and erythema index, examined with skin bioengineering in vivo methods. // Farmacia vol. 60, №4, 2012, pp. 524-534.
3. П.П. Ветров и др. Новые каротиноидсодержащие фитопрепараты [Электронный ресурс]. // Провизор, 2000, №16, Режим доступа: <http://www.provisor.com.ua>.
4. А.В. Сергеев, Л.А. Вакулова, М.Я. Шашкина, Т.А. Жидкова. Медико-биологические аспекты каротиноидов. // Вопр. мед. химии, т.38, №6, 1992, сс.8-12.
5. Курегян А.Г., Печинский С.В., Зилфикаров И.Н. Способы получения каротиноидов, лекарственных препаратов и биологически активных добавок к пище на их основе [Электронный ресурс] // Разработка и регистрация лекарственных средств, №6, 2014, Режим доступа: 296 <http://pharmjournal.ru/articles/stati>
6. Курнигина, В.Т., Никитина Т.В. Антибактериальная активность хлорофилла . // Совещ. по проблеме фитонцидов: тез. докл. – Киев, 1979, с. 55.
7. Marc Paye, Andre O. Barel, Howard I. Maibach. Handbook of cosmetic science and technology. – New York: Taylor & Francis Group, 2006, 1034 p.
8. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства. – М.: Рус. врач, 2004, 264 с.

SUMMARY

STUDY OF ORGANIC FRACTION OF MEDICINAL MUDS (PELOIDS) OF GEORGIA AND THEIR USE IN COSMETICS

Devdariani N.G., Zakalashvili T.T., Kobauri S.G. and Bokuchava N.W.

Georgian Technical University

One of the topical directions for improvement of peloidotherapy is to obtain therapeutic-prophylactic and cosmetic remedies based on medicinal mud, which are convenient to use, transport and store. The use of medicinal mud preparations provides a significant reduction in the cost of natural mud and broadening the indications for peloidotherapy. In frame of the presented study extraction method was used to separate the organic fraction from the mud. The presence of fat and unsaturated fatty acids in the composition of the lipid fraction has been identified. A mud treatment scheme, sequential extraction with ethyl alcohol and oil is proposed. The content of organic and inorganic components was determined, including carotenoids and chlorophylls in the oil extract: (8 - 10) mg% and (5 - 6) mg%.

Keywords: medicinal mounds, peloidotherapy, lipid fraction extraction.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ

Горгидзе И.А., Гаситашвили З.А., Джавахадзе Г.С., Горгидзе Д.А., Хуцишвили С.А.,
Бурджанадзе В.О., Хартишвили М.П., Иашвили Г.Н., Мусеридзе Р.Р.

Грузинский технический университет

ПОСВЯЩАЕТСЯ БУРКОВУ В.Н. УЧИТЕЛЮ И ДРУГУ

Введение. Устойчивое социально-экономическое развитие, обеспечение ее конкурентоспособности любого государства во многом определяется наличием развитых «баз знаний», которые основаны на фундаментальных, прикладных и конструкторских исследованиях, на эффективной системе образования, на развитых важнейших секторах инновационных систем, а также на целенаправленной государственной политике стимулирования инновационной деятельности.

Компании инновационной сферы создают адекватную конкурентную среду, платят налоги, обеспечивают процесс трудоустройства, создают и поддерживают инновационную деятельность в стране, и что главное, обеспечивают экономический рост. Однако сегодня, для эффективного развития организации и сохранения ее конкурентоспособности недостаточно создавать инновационные продукты, а жизненно важно их реализация на рынке.

Согласно международным стандартам представленным в «Руководстве Осло», инновация определена как результат научно-технической деятельности (н.т.д), которая раскрывается в новом продукте или процессе (технологическом, управленческом и т. д.) и применяется в практической деятельности, социальных услугах и т. д. [1]

В этой статье приводится почти аналогично определение, инновация является конечным результатом инновационной деятельности, которая будет проявляться в форме нового или улучшенного продукта, представленного на рынке, нового или улучшенного технологического процесса, нового подхода к социальным услугам. Основными особенностями инноваций являются научно-технические инновации, промышленное использование и коммерческая реализация. Эта последняя особенность делает инновационную ориентацию релевантной для результатов, то есть актуальным является учет и реализация существующих требований на рынке.

Целью статьи является структурный анализ компонентов процесса коммерциализации, характеристик и особенностей.

Основная часть. Анализ работ европейских и постсоветских ученых показывает, что нет четкого понимания содержания и структуры процесса коммерциализации. Чаще всего считают, что коммерциализация является неотъемлемой частью процесса обработки инноваций, который начинается только после того, как инновация прошла стадию обработки и должна продаваться. Следовательно, коммерциализация инноваций – это совокупность действий, начиная с появления нового продукта, перспективы коммерческого использования технологии, ее выхода на рынок и коммерческого эффекта.

Результаты научно-технической деятельности, проводимой на разных этапах инновационного процесса, по сути являются полуфабрикатами и могут быть востребованы. Это означает, что уже при формировании идеи и на этапе фундаментальных исследований, возможно рассматривать перспективу передачи и коммерциализации результата. Очевидно, после проведения технологического аудита, исследования возможных рисков, исследования перспектив проекта и исследования эффективности возможной передачи инноваций [3].

Мы считаем, что более приемлемо применить апробированную в университетах США схему коммерциализации инновации, где этапы представлены в следующей последовательности: научные исследования - изобретение / прототип - анализ коммерческой привлекательности — защита интеллектуальной собственности - бизнес-план разработки продукта или лицензирование бизнес-модели [3]. Основой и определяющим любого инновационного процесса и его результат-инновации - инновационная идея, поэтому мы считаем возможным рассматривать ее как составной частью процесса коммерциализации.

Учитывая этот момент, в документе основное внимание уделяется процессу коммерциализации инноваций, представленному на схеме 1, и анализу его этапов.



Схема 1. Этапы процесса коммерциализации инноваций

Под «Инновационной идеей» на начальной стадии инновационного процесса понимают, «лучшую» идею, выбранную из множества идей. На основе таких идей формируется инновационный процесс и его этапы. Аббревиатура НИОКР обозначает научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, которые объединяют фундаментальные, эксплуатационные и проектные работы. Именно результатом проектных работ является проектирование и разработка опытного образца-прототипа, и на этом этапе происходит окончательная проверка результатов теоретического исследования, разработка технической документации, готовится технический прототип или опытный технологического процесса.

Важно проверить технологическую осуществимость образца. Мы не будем подробно обсуждать все этапы, представленные на схеме 1. В случае заинтересованности, поиск необходимой информации не должен быть проблемой в рамках сегодняшних возможностей.

Мы обратим внимание на два важных момента: первый, ответ на возможный вопрос – хотим или нет патент на данную идею, то есть правовую защиту изобретения или инновации. Дело в том, что для некоторых технологий процедура оформления патента может занять много времени, чего у изобретателя может и не быть. Однако, для других, патенты могут обеспечить спокойный выход на рынок без конкурентов. Венчурный инвестор может согласиться на передачу без патента и т. д. Однако после принятия решения, изобретатель получить патент или нет, он все же должен попытаться создать прототип и определить его техническое выполнение [3].

Второе важное решение: необходимо принять, когда речь заходит о лицензировании инновации, ее продаже или самостоятельном производстве. Такое решение трудно для исследователей и изобретателей, которые работают в университетах, исследовательских институтах, правительственных организациях или корпоративных корпорациях. Создание компании самостоятельно (например, запуск) означает необходимость приобретения новых знаний и стартового капитала, отказ от должности и т. д. Это часто совершенно неприемлемо для многих исследователей тогда, когда лицензирование или продажа авторских прав может быть довольно гибким способом решения этой проблемы.

В международном опыте есть три основных способа коммерциализации инноваций: независимое использование инноваций, частичная передача прав и полная передача новизны.

Схема 2 представляет основные средства коммерциализации инноваций.

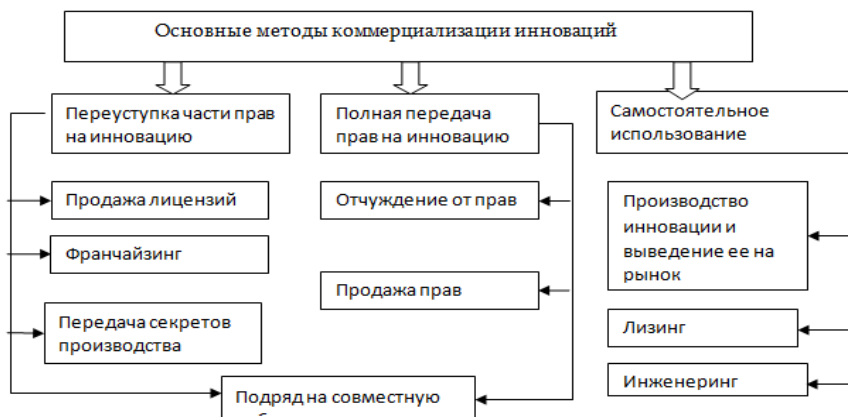


Схема 2. Классификация методов коммерциализации инноваций

В процессе коммерциализации очень важно выбрать соответствующий метод. Наряду с отмеченными методами можно применять в теории хорошо известную матрицу анализа коммерческой привлекательности и перспективности инноваций, на основе которой можно выбрать приемлемую форму коммерциализации инноваций [4].

Каждый метод дает разработчику широкие возможности для реализации. Прибыль от реализации проекта зависит от самого проекта.

Иногда можно одновременно применить несколько методов для коммерциализации инноваций. (Перед применением метода коммерциализации мы должны рассмотреть каждый из них и использовать тот, который наилучшим образом подходит для данной ситуации и проекта). В таблице проанализированы положительные и отрицательные характеристики каждого метода.

Сравнительный анализ средств коммерциализации инноваций.

Коммерциализация объектов	Ценности	Недостатки
Возможность самостоятельной реализации	<ol style="list-style-type: none"> 1. В успешной организации производства очень высокий доход; 2. Постоянный контроль производства и фирмы; 3. Полное распоряжение правами интеллектуальной собственности (инновации) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие риски; 2. Длительные сроки выкупа; Необходимы значительные финансовые ресурсы
Откажитесь от прав инновации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимальные риски; 2. Незначительные расходы; 3. Довольно короткие сроки погашения; 4. Выход на новые рынки через другие компании; 5. Возможность формирования собственной ниши; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Значительно более низкие затраты по сравнению с другими средствами коммерциализации; 2. Риски нарушения патентных прав; 3. Риск производства противоречивых продуктов.
Полная передача прав на инновации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимальные риски; 2. Незначительные расходы; 3. Минимальные условия погашения; 4. Возможность получения очень большого дохода. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Риск не получить потенциальный доход; 2. В связи с усилением позиций конкурентов сфера деятельности может быть изменена внутри компании.

Как показано в таблице, каждая форма коммерциализации несет в себе определенные риски, которые должны быть своевременно оценены и сведены к минимуму.

Поскольку на разных этапах обработки продукт принимает разные формы, следовательно, участие участников (исследователей, производителей, инвесторов), коммерческих соглашений и сделок (приобретение патента, владение, использование прав и т. д.), может быть совершенно разным. В то же время при проведении таких сделок необходимо оценивать спрос, предложение, конкуренцию, риски, затраты, результаты и прибыльность сделок, которые в большинстве случаев технический персонал разработчиков инновации не может себе позволить.

Разнообразие и потребность участников в разный период делает их постоянное участие в мероприятиях, в проведении различных исследований и сделок. Например, участие группы маркетинговых исследований важно, так как маркетинговые оценки следуют за всеми этапами или стадиями коммерциализации. Такая группа может входить в центр коммерциализации, консалтинговой компании или в состав инновационного центра, как структурное подразделение [3, 4]

Часто, очень мало таких фирм, которые могут самостоятельно финансировать инновационные процессы, поэтому найти инвестора в качестве покупателя является серьезной проблемой.

На практике часто обсуждаются разные способы привлечения инвесторов. Мы сосредоточимся на удобном для бизнеса, современном, удобном и эффективном инструменте управления бизнесом (бизнес модель разработанная А. Остервальдом и ее научным руководителем И. Пайном), которая играет важную роль при поиске инвестора. Он является универсальным языком для описания, представления, анализа и развития бизнес деятельности. Модель состоит из девяти блоков, которые позволяют просто и понятно, на одном листке бумаги описать деятельность организации, представить и ознакомить за короткий промежуток времени предполагаемому инвестору (рис. 3.) [5].

В центре модели находятся ожидаемые предложения, три правых элемента — потребитель, дистрибуция и отношения, обозначают процесс изучения рынка, а три левых элемента - характеристики инфраструктуры. Нижний блок модели указывает на необходимость анализа финансовых перспектив. Практика показала, что этот подход является более гибким, когда речь идет об отношениях с инвесторами (особенно, когда речь идет о венчурных фондах), когда речь идет о стартапах или запуске и финансировании нового бизнеса.

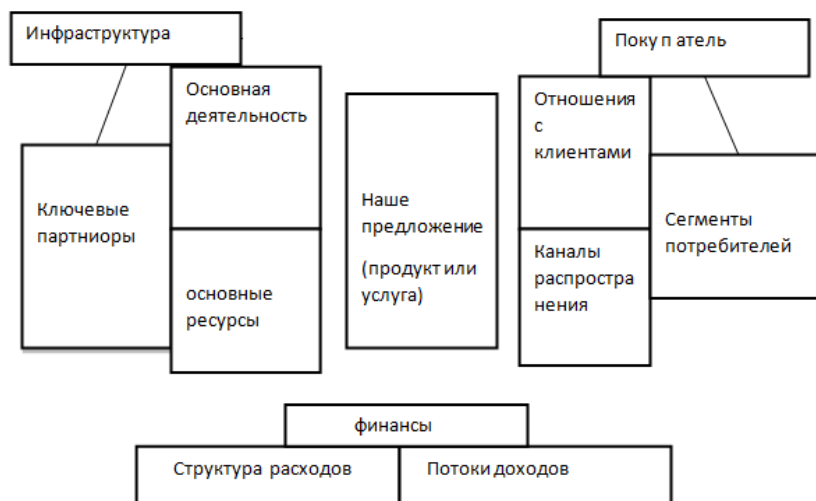


Схема 3. Система компонентов и связей бизнес-модели Остервальдера

На практике венчурные фонды используют подход Elevator Speech (Речь о лифте). Это краткое описание, созданная на основе бизнес-модели, концепции, продукта, проекта или услуги бизнеса. А это означает, что для венчурного фонда первым критерием выбора механизма финансирования является качество презентации начинающего предпринимателя или автора инновационной идеи, когда можно реально оценить, насколько хорошо и тщательно он (она) видит и понимает основные преимущества и ожидаемые выгоды от проекта, изобретения, деятельности.

Закключение. Коммерциализация инноваций не является завершающей операцией ее разработки. Она, скорее всего, начинается с момента формулирования инновационной идеи, продолжается в соответствии с процессом инноваций и сопровождает инновационный продукт на протяжении всего его жизненного цикла. Таким образом, в компаниях, ориентированных на инновации, процесс коммерциализации и связанные с ним проблемы довольно многогранны, сложны и не до конца изучены. Однако он представляет большой интерес не только для теоретических исследований, но и прежде всего для применения результатов исследований на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Третье издание. - М.,ОЭСР и Евростат, 2010.
2. Дж. Гаглошвили, С. Хуцишвили. Моделирование задач в открытых инновационных процессах. //Бизнес-инженеринг, 4, 2015 сс. 152-154.
3. Волкова Т.И. Интеллектуальная собственность в науке и технике. // Интеллектуальная собственность: правовое обеспечение. Аналитический вестник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.akdi.ru/pravo/iam/1.htm#3>
4. Новикова Е.Н., Парахина В.Н. Развитие инфраструктуры коммерциализации инноваций. Вестник Северо-кавказского федерального университета. 2014, №2 (35) сс. 258-262
5. С. Хуцишвили, М. Хартишвили, Г. Хуцишвили, Л. Хуцишвили. Введение современной бизнес-модели и системный анализ ее составляющих. // Georgian Engineering News, № 2, 2018, сс.14-23.

SUMMARY

KEY ASPECTS OF THE PROCESS OF COMMERCIALIZATION OF INNOVATION

Gorgidze I.A., Gasitashvili Z.A., Javakhadze G.S., Gorgidze D.A., Khutsishvili S.A., Burjanadze V.O., Khartishvili M.P., Iashvili G.N. and Museridze R.R.

Georgian Technical University

The process of commercialization of innovations with its component stages is considered. The emphasis is on the designation of stages and the need for their consistent implementation, as well as on some clearly expressed difficulties. A classification of the main methods of commercialization of innovations, possible participants, an analysis of the values and shortcomings of the methods of commercialization, an approved mechanism for finding investors is given.

Keywords: innovation process, commercialization of innovations, transfer, prototype, copyright, license, business model.

OUR AUTHORS (2019)

A

Abesadze Sh.A.
Arabidze N.T.
Avaliani A.Z.
Avalishvili Z.A. (2)

B

Baliashvili G.I. (3)
Barnovi S.K.
Bedineishvili M.M.
Bezhanov F.Kh. (3)
Bezhuashvili Yu.A.
Bibiluri N.Sh.
Burjanadze V.O.

C

Chkhaidze M.N.
Chkhartishvili N.N.
Chkheidze I.M.

D

Devdariani N.G.
Dochviri B.M.
Dolidze S.V.
Dvali G.Sh.
Dzidzishvili I.G.

E

Ebelashvili N.V.

G

Gagelidze N.A.
Gagoshidze G.A. (2)
Gakhokidze R.A.
Gasitashvili Z.A. (2)
Gibradze M.I.
Giorgadze K.P.
Goderdzishvili G.I. (3)
Gordeladze V.G.
Gorgidze D.A. (3)
Gorgidze I.A.
Grigalashvili A.Sh.
Gulua N.G.
Gurgenidze L.R. (2)
Gverdtsiteli I.V.
Gverdtsiteli M.G. (2)
Gverdtsiteli M.I. (5)

I

Iashvili G. N.
Iashvili N.G. (2)
Imnaishvili L.Sh.

J

Javakhadze G.S.

K

Kachkhidze N.D.
Kanchaveli Sh.S. (2)
Kanchaveli T.Z. (2)
Kapanadze M.B.
Karchkhadze M.G. (2)
Karkusashvili N.D.(2)
Kebadze N.M.
Khartishvili M.P.
Khasoshvili K.N.
Khutashvili I.B. (2)
Khutsishvili S.A. (2)
Khvedelidze T.K.
Kiladze M.T.
Kizikurashvili V.N.
Kobakhidze M.T.
Kobauri S.G.
Kurtanidze G.G.
Kvartskhava G.R. (2)

L

Lobzhanidze T.E.
Loladze N.T. (2)
Loladze T.O.
Lominadze T.N.
Lomtadze N.A.

M

Makhashvili K.A.
Mamardashvili N.G. (2)
Mestvirishvili S.A.
Mshvildadze M.J.
Murjikneli G.G.
Museridze R.R. (2)

N

Namicheishvili O.M.
Nebieridze N.V. (2)
Nikuradze T.R.
Nozadze D.A.

P

Pantskhava E.V.
Pirtskheliani N.A.
Prangishvili A.I. (2)

R

Ramazashvili M.T.
Robitashvili A.A.
Rukhadze T.A. (3)
Rusia M.Sh. (2)

S

Salia E.Sh.
Samadashvili M.E.
Sardzhveladze N.V. (3)
Shalamberidze D.M.
Shatirishvili I.Sh.
Shatirishvili Sh.I.
Shevardnadze D.M.
Sidamonidze N.N.
Silagadze S.R.
Skhirtladze I.A.
Surmava A.A.

T

Tatishvili K.G. (2)
Tkemaladze G.Sh.
Tkemaladze L.V. (2)
Tsakadze A.V.
Tserodze M.P. (2)
Tsitskishvili Z.A.
Tskipurishvili T.Z.

U

Ugrekhelidze V.D. (2)
Urushadze I.V.

V

Vardiashvili R.O.

W

Wezirishvili-Nozadze Q.O.

Z

Zambakhidze L.I.
Zaslavski S.I.
Zakalashvili T.T.,
Zardiashvili D.G.
Zedginidze G.G.
Zivzivadze L.B.
Zviadadze L.G.