

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლენი

სსს

1'20

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინრო
სიანხუანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N1, vol. 90, 2020

საქართველოს საინჟინრო სიახლენო
GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №1, vol. 90, 2020

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

სარედაქციო კოლეგია

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

სარედაქციო საბჭო

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

International Engineering Academy
Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili
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

ТЕРМОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ В ЦИЛИНДРО-БИПОЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ <i>Гургенидзе Д.Р., Горгидзе Д.А.</i>	5
О РАЗРЕШИМОСТИ ТРЕХМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОДИФФУЗИИ <i>Бежуашвили Ю. А., Качахиძე Н. Д.</i>	11
სიბრტყის და წრფის ჰომოთეტიკა სივრცეში <i>მასპინძელაშვილი ბ.ი.</i>	15
წრფისა და სიბრტყის პარალელური გადატანა სივრცეში <i>მასპინძელაშვილი ბ.ი.</i>	17
გეოლოკაციის გამოყენება მმ-4 და მმ-5 თაობის თვითორბანიზებად სისტემებში <i>გოგოხია ს.შ., აბზიანიძე ნ.ე.</i>	19
სიმბოლოთაშორისი დამახინჯება, მოდების გაყოფის ხმაური და სიმძლავრის ჯარიმის შეფასება გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში <i>სვანიძე რ.გ., როსტიაშვილი ნ.რ. ჩხაიძე მ.თ.</i>	23
გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების საკაბელო ხაზების დებრადაცია <i>სვანიძე რ.გ., ჭინჭარაული ჯ.ი.</i>	30
შეთანხმების მოდულების შედარებითი ანალიზი <i>კოტრიკაძე ქ.ო., ყიფშიძე დ.გ.</i>	38
ავტომობილის საკიდარში უსარბელოდ გაბნეული მიქანიკური ენერჯის ელემენტრონებრივ ბარდაქმნის პერსპექტივები <i>ზივზივაძე ო.ე., ზივზივაძე ბ.ლ., კაჭახიძე ი.ს., გვეჯუჩაძე ა.ჭ., პაპიძე ზ.ა.</i>	41
ANALYSIS OF CODE TESTING AND LONG TERM RELIABILITY FOR INTERNET OF THINGS COMPONENTS <i>Kvirkvelia Sh.V., Kvernadze S.A. and Beridze J.L.</i>	46
მეწყობილი ვერლოგების გამაგრება ახალი ტიპის საყრდენი კედლის გამოყენებით <i>მხვიძე ო.რ., ჭოხონელიძე გ.ი., ბაშარ მ. ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმამ</i>	52
მათემატიკური მოდულირების ინტეგრირება საავიაციო უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის <i>ალანია დ.ლ.</i>	57
ავტოტექნიკური ექსპერტიზის გამოთვლის მეთოდები <i>წიკლაური მ.ო.</i>	60
პირობითი ალბათობის გამოყენების შესახებ <i>ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ., მახაშვილი ქ.ა.</i>	62
მარკეტინგულ კვლევაში ჰიპოთეზების შემოწმების შესახებ <i>მაღლაკელიძე ქ.დ.</i>	67
ალმასკომპოზიციური მასალის ლითონური მატრიცა შენადნობთა უხვნილების გამოყენებით <i>ლოლაძე ნ.თ., წეროძე მ.პ., ავალიშვილი ზ.ა., ძიძიშვილი ი.გ., ნოზაძე დ.ა.</i>	72
უხვნილგულ მავთულს დამზადება და ცვეთამდე დანადგურის მიღება ელემენტრონული მეთოდით <i>დადიანიძე გ.ა., შარაშენიძე ჯ.ა., პაპავა კ.გ., ხუციშვილი მ.გ., სარალიძე ბ.რ.</i>	77
დოკუმენტების გუნებრივი და ხელოვნური დამზადება <i>ორმოცაძე ნ.შ., მესხიშვილი მ.მ., ბიბილეიშვილი დ.გ.</i>	81

ЭКОНОМНО ЛЕГИРОВАННЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕЙНИТНЫЙ ЧУГУН <i>Тавадзе Г.Ф., Цинцадзе И.Ш., Гордезиани Г.А., Табидзе Р.Г., Гვაзава С.Г., Хидашели Н.З.</i>	86
ECOCHEMICAL ASSESSMENT OF TKIBULI HARD COAL <i>Supatashvili G.D., Takaishvili N.V., Labartkava N.A., Bregadze M.A. and Giorgadze N.V.</i>	89
ჰალოგენწყალბადების ორბანულ ნაერთებთან ჰიდროჰალოგენირების ძვანტურ-ძიმიური მოდელირება <i>ფაჩულია ზ.გ., ირემა შვილი დ.ჯ., ტაბატაძე ლ.გ.</i>	93
1,4-ბის [დიალკილეთილარსონიუმ] – 1,4-დიჰიდრონაფთალინების დიორდიდების მათემატიკურ-ძიმიური შესწავლა <i>რობაქიძე ნ.ზ., კვერნაძე მ.ს.</i>	100
α, ω – დიმიროკაპრონმჟავა ეთილის ეთერის მიღება α, ω – დიჰლოროკაპრონმჟავა ეთილის ეთერის ამონოლიზით <i>ქრისტესაშვილი ლ.გ., ჩხუბიანი შვილი ნ.გ.</i>	102
ძ-მეტალთა ტექნათიონათიონატების ამიაკატური კომპლექსების თერმობრავიშვითი კვლევა <i>სამხარაძე მ.გ., მაჩაღაძე თ.ე., კახიძე ნ.ა.</i>	104
ამფიცეზინი – ავთვისებიან სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების ახალი თაობის ინჰიბიტორი (შემაჩერებელი) <i>ჩიკოვანიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წივწივაძე ვ.პ., წივწივაძე თ.ი.</i>	107
ფოსფორიდიდების უნიფეროვანესი თვისებები მზუსთმირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში <i>სირაძე მ.გ., ძნელაძე ს.ჯ.</i>	113
ღვინოების ხარისხის შეფასება აქროლადი კომპონენტების კომპლექსის მიხედვით <i>შათირი შვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., შათირი შვილი ი.შ.</i>	118
ძვევრის და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ ღვინოებში მეტალთა შედარებითი შესწავლა <i>სორდია ე.კ., ქვარცხავა გ.რ.</i>	120
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ <i>Баль-Прилипка Л.В., Гармаш А.М.</i>	124
დამბალხაჯოში აღმოჩენილი ძირითადი სოკოს სახეობები <i>ძირკველი შვილი ნ.დ., ქვარცხავა გ.რ., აფციაური ლ.გ.</i>	128
რძემჟავა ბაქტერიების როლი დამბალხაჯოს მომწოდებელში <i>ძირკველი შვილი ნ.დ.</i>	131
ქართული მუხის (<i>Quiberica Stev</i>) ნაყოფის ხმირობა პანკისის ხეობაში <i>გაგოშიძე გ.ა., სამაღა შვილი მ.ე.</i>	134
ქართული მუხის ნაყოფის ხმირობა ძვემო ქართლის რეგიონში <i>გაგოშიძე გ.ა., კაპანაძე ი.გ.</i>	137
პათოგენისა და მცენარის სპეციფიური ურთიერთქმედებისას ზემბრპრობირობის რეაქციის დინამიკა <i>ყანჩაველი შ.ს.</i>	139
ИММУНИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ ПРОТИВ ГРИБНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ <i>Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М</i>	144
<i>ედღენება მიხეილ გვერდწითელის ხსოვნას</i>	149
<i>ედღენება ლივერი ქადაგიშვილის ხსოვნას</i>	150

ТЕРМОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ В ЦИЛИНДРО-БИПОЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

Гургенидзе Д.Р., Горгидзе Д.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].

Следует отметить несколько работ, в частности С.А. Чаплигин [3] совместно с Н.С. Аржаниковым решили задачу для эксцентричной трубы, подверженной внешнему и внутреннему давлению. Далее, Джеффри, Вайнел и Кудрявцев Н.В. построили общее решение плоской задачи теории упругости для области, ограниченной двумя эксцентричными окружностями [4-6].

В статье в цилиндро-биполярной системе координат рассмотрено термоупругое состояние полого и сплошного цилиндра, подверженного внешнему и внутреннему давлению. Сначала общее уравнение получено методом, аналогичным методу Н.Г. Хомасуридзе [7]. Далее уравнения адаптированы к случаю эксцентричного кольца. Будет показано, что существует точное аналитическое решение задачи.

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 можно записать в следующем виде [8]:

Уравнения равновесия

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

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

Компоненты деформации

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

здесь e_{ij} – компоненты деформации.

Компоненты вектора поворота

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

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 цилиндрико-биполярной системе координат.

Получение этих зависимостей наиболее удобно вести в цилиндрической 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

$$x = \frac{ash\xi}{ch\xi + \cos\alpha}, y = \frac{a \sin\alpha}{ch\xi + \cos\alpha}, z = z,$$

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

$$h_\xi = h_\alpha = h = \frac{a}{ch\xi + \cos\alpha}, h_z = 1 - \text{параметры Ламе, } a - \text{масштабный коэффициент.}$$

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

Закон Гука (физический закон), который предполагает самую простую, линейную зависимость между компонентами напряжения и соответствующими им компонентами 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 линий 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 удовлетворяющая уравнение

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

и соответствующие граничные условия,

при $\xi = \xi_i$: $\frac{\partial T}{\partial \xi} = 0$ или $T = 0$;

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

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

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

где

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

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

при $\xi = \xi_i$: $a) \frac{\partial T}{\partial \xi} = 0, u=0, B=0, \tau_{\xi z} = 0;$ (13)
 $b) T = 0, K=0, v=0, w = 0;$

при $\alpha = \alpha_i$: $a) \frac{\partial T}{\partial \alpha} = 0, v=0, B=0, \tau_{\alpha z} = 0;$
 $b) T = 0, K=0, u=0, w = 0;$ (14)

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

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

Здесь $i = 0, 1$, причем $z_0 = 0$; Υ_i - заданные постоянные.

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

при $a) \sigma_z = F_{i1}(\xi, \alpha), \Gamma_1(h\tau_{z\xi}, h\tau_{\alpha z}) = \tilde{F}_{i2}(\xi, \alpha), \Gamma_2(h\tau_{\alpha z}, h\tau_{z\xi}) = \tilde{F}_{i3}(\xi, \alpha);$
 $z = z_i$ $b) w = f_{i1}(\xi, \alpha), \Gamma_1(hu, hv) = \tilde{f}_{i2}(\xi, \alpha), \Gamma_2(hv, hu) = \tilde{f}_{i3}(\xi, \alpha);$ (17)
 $c) w = f_{i1}(\xi, \alpha), \Gamma_1(h\tau_{z\xi}, h\tau_{\alpha z}) = \tilde{F}_{i2}(\xi, \alpha), \Gamma_2(h\tau_{\alpha z}, h\tau_{z\xi}) = \tilde{F}_{i3}(\xi, \alpha);$
 $d) \sigma_z = F_{i1}(\xi, \alpha), \Gamma_1(hu, hv) = \tilde{f}_{i2}(\xi, \alpha), \Gamma_2(hv, hu) = \tilde{f}_{i3}(\xi, \alpha);$

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

В настоящей работе строится регулярное решение для граничных задач (8), (11), (13), (14), (15), (16) или (3), (6), (7), (9), (16), (17).

Теорема. Для рассматриваемого класса граничных задач термоупругости в цилиндрико-биполярной системе координат, точные решения в классе регулярных функций представляются в виде

$$\begin{aligned} hu &= \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) + \frac{1}{c_5} \frac{\partial \psi_1}{\partial \alpha}, \\ hv &= \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) - \frac{1}{c_5} \frac{\partial \psi_1}{\partial \xi}, \\ hw &= -\frac{\partial}{\partial z} \left(\psi_3 + \frac{1}{2c_4} \psi_2 \right) + \frac{1}{c_4} \frac{\partial \psi_2}{\partial z} \end{aligned} \quad (18)$$

где ψ_1, ψ_2, ψ_3 решения следующих уравнений:

$$\begin{aligned} a) \quad & \frac{c_4}{c_5} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial^2 z} + \Delta_2 \psi_1 = 0, \\ b) \quad & \frac{\partial^2 \psi_3}{\partial^2 z} + v_1 \Delta_2 \psi_3 + v_2 \Delta_2 \psi_2 = v_4 T, \\ c) \quad & \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial^2 z} + v_1 \Delta_2 \psi_2 + v_3 \Delta_2 \psi_2 = v_5 T, \end{aligned} \quad (19)$$

где

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{c_1 c_2 - c_3 (c_3 + 2c_4)^2}{2c_2 c_4}, v_2 = \frac{c_1 c_2 - c_3 (c_3 + 2c_4)^2}{4c_2 c_4}, v_3 = \frac{c_1 c_2 - c_3^2}{c_2}, v_4 = \frac{c_2 k_{10} - (c_3 + 2c_4) k_{20}}{2c_2 c_4} \\ v_5 &= \frac{c_2 k_{10} - c_3 k_{20}}{c_2}. \end{aligned}$$

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Колтунов М. А., Васильев Ю. Н., Черных В. А. Упругость и прочность цилиндрических тел. – М.: Высшая школа, 1975, 526 с.
2. Уфлянд Я.С. Биполярные координаты в теории упругости. – Москва-Ленинград: Госиздат. тех.-теор. лит., 1950, 231 с.
3. Чаплигин С.А., Аржаников Н.С. К вопросу о деформации трубы, ограниченной двумя эксцентричными цилиндрами и сжатой постоянным давлением. //Труды ЦАГИ, 1933, вып.123, с. 21
4. Кудрявцев Н.В. Изгиб круглой пластины с эксцентричным отверстием под действием сосредоточенной силы. // ДАН СССР, 1946, т.53, с.107
5. Jeffery G.B. Plane Stress and plane strain in bipolar coordinates. // Phil.Trans.of the Rog. Soc. of London,1921, ser A, vol. 221, p.225
6. Weinel E. Uber einige ebene Randwertprobleme der Elastizitatatheorie. //Zeitschrift fur ang. Math. und Mtch., 1937, B.17, H.5, 276 p.
7. Новожилов В.В., Теория упругости. -Ленинград, Судпром ГИЗ, 1958, 371 с.
8. Khomasuridze N.G. Thermoelastic stress of multilayer cylindrical bodies. //Journal of Thermal Stresses, 2001, v.24, №10, p.919-936.

<http://www.informaworld.com/smpp/content>

SUMMARY

THERMOELASTIC EQUILIBRIUM OF THE FINITE LENGTH CYLINDER IN THE CYLINDRICAL-BIPOLAR SYSTEM OF THE COORDINATES

Gurgenidze D.R and Gorgidze D.A.

Georgian Technical University

In the work the thermoelastic equilibrium of the hollow and continuous elastic bipolar cylinder of the finite length is considered at the action of the stationary temperature field and external load. The general equations were derived on the basis of the method of N.G. Khomasuridze and new exact analytical solution of the boundary problem is presented.

Keywords: analytical solution, thermoelastic equilibrium, cylindrical-bipolar system of coordinates.

О РАЗРЕШИМОСТИ ТРЕХМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОДИФФУЗИИ

Бежуашвили Ю.А., Качахидзе Н.Д.

Грузинский технический университет

Связь между нестационарными процессами деформаций, теплопроводности и диффузии в твердой изотропной упругой среде описывается системой пяти скалярных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка вида [1, 2]:

$$A\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)U(x, t) = Q(x, t),$$

где $A\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)$ – матричный дифференциальный оператор размера 5×5

$$A\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \left\| A_{jk} A\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) \right\|_{5 \times 5},$$

$$A_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \left(\mu \Delta - \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \delta_{jk} + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_j \partial x_k}, \quad j, k = 1, 2, 3,$$

$$A_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = -\gamma_{j-3} \frac{\partial^2}{\partial t \partial x_k}, \quad A_{kj}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = -\gamma_{j-3} \frac{\partial^2}{\partial x_k}, \quad k = 1, 2, 3, \quad j = 4, 5,$$

$$A_{kj}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \delta_{kj} \left(\delta_{j-3} \Delta - a_{j-3} \frac{\partial}{\partial t} \right) + (\delta_{kj} - 1) a_{12} \frac{\partial}{\partial t}, \quad k, j = 4, 5,$$

$U = (u; u_4, u_5) = \|u_k\|_{5 \times 1}$ – одно столбцевая матрица, $u = (u_1, u_2, u_3) = \|u_k\|_{3 \times 1}$ – вектор смещения, u_4 – изменение температуры, u_5 – «химический» потенциал среды. $Q(x, t) = (q; q_4, q_5)$ – заданный вектор, $x = (x_1, x_2, x_3)$ – точка евклидова пространства E^3 , t – время, Δ – трехмерный оператор Лапласа, δ_{jk} – символ Кронекера, $\lambda, \mu, \rho, \gamma_j, a_j, \delta_j, j = 1, 2, a_{12}$ – известные упругие, термические и диффузионные действительные постоянные, удовлетворяющие естественным ограничениям [2].

Пусть $D_k \subset E^3$ – конечная область, ограниченная замкнутой поверхностью $S_k \in \mathcal{L}_2(a)$, $a > 0, k = 0, 1, \dots, m$ [1], $S_k \cap S_j = \emptyset, k, j = 0, 1, \dots, m$; S_0 охватывает все остальные, а эти последние не охватывают друг друга; $\bar{D}_k = D_k \cup S_k, S = \bigcup_{k=0}^m S_k, D = D_0 \setminus \bigcup_{k=1}^m \bar{D}_k$, т.е. D – конечная область с границей S . $\Pi_\infty = \{(x, t) : x \in D, t \in [0, \infty)\}$ – бесконечный цилиндр в E^4 , $S_\infty = \{(x, t) : x \in S, t \in [0, \infty)\}$ – боковая поверхность цилиндра.

Задача I. Определить в цилиндре Π_∞ регулярный вектор $U \in C^1(\bar{\Pi}_\infty) \cap C^2(\Pi_\infty)$ из условий

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

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

$$\lim_{t \rightarrow +0} u_j(x, t) = \varphi_j^{(1)}(x), \quad j = 4, 5,$$

$$\begin{aligned} \forall (y,t) \in S_\infty : U^+(y,t) &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad \overline{k = 0, m_1}, \\ \left[R \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_1 + 1, m_2}, \\ \left[Q \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_2 + 1, m_3}, \\ \left[P \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_3 + 1, m_4}, \\ \left[N \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_4 + 1, m_5}, \\ \left[\Omega \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_5 + 1, m_6}, \\ \left[L \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_6 + 1, m_7}, \\ \left[I \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) U(y,t) \right]^+ &= f^{(k)}(y,t), \quad y \in S_k, \quad k = \overline{m_7 + 1, m}, \end{aligned}$$

$$0 \leq m_1 \leq m_2 \leq \dots \leq m_7 \leq m; \quad RU = \left(HU, \frac{\partial u_4}{\partial n}, \frac{\partial u_5}{\partial n} \right),$$

$HU = Tu - \gamma_1 n u_4 - \gamma_2 n u_5$ – вектор термодиффузионного напряжения, $n = (n_1, n_2, n_3)$ – орт внешней нормали в точке $y \in S$,

$$QU = \left(u, \frac{\partial u_4}{\partial n}, \frac{\partial u_5}{\partial n} \right), \quad PU = (HU, u_4, u_5), \quad NU = \left((u \cdot n), HU - n(HU \cdot n), \frac{\partial u_4}{\partial n}, \frac{\partial u_5}{\partial n} \right)$$

$$\Omega U = (u - n(u \cdot n), (HU \cdot n), u_4, u_5), \quad LU = ((u \cdot n), HU - n(HU \cdot n), u_4, u_5),$$

$$IU = \left(u - n(u \cdot n), (HU \cdot n), \frac{\partial u_4}{\partial n}, \frac{\partial u_5}{\partial n} \right)$$

а также для больших значений t ,

$$\left| \frac{\partial^l U(x,t)}{\partial t^{l_1} \partial x_1^{l_2} \partial x_2^{l_3} \partial x_3^{l_4}} \right| \leq c \exp(\sigma_0 t), \quad l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = l, \quad l = 0, 1, 2.$$

Задача I не имеет более одного регулярного решения. Доказательство проводится по схеме указанной в [1]. Пусть $V(x,t) = (v, v_4, v_5) = \|v_k\|_{5 \times 1}$,

$$\text{где } v(x,t) = e^{-t^8} \sum_{k=1}^7 \frac{t^k}{k!} \varphi^{(k)}(x), \quad v_j(x,t) = e^{-t^7} \sum_{k=1}^6 \frac{t^k}{k!} \varphi_j^{(k)}(x), \quad j = 4, 5.$$

Составим разность $U_0(x,t) = U(x,t) - V(x,t)$, где $U(x,t)$ решение исходной задачи I. Легко видеть, что $U_0(x,t)$ будет решением задачи I_0 с однородными начальными данными.

Пусть $\tau = \sigma + i\omega$ – комплексная переменная в полуплоскости $\pi_{\sigma_0} = \{\tau : \text{Re } \tau \geq \sigma_0\}$.

Рассмотрим эллиптическую граничную задачу с комплексным параметром τ .

Задача \hat{I}_0 : Определить в области $\{x \in D, \tau \in \pi_{\sigma_0}\}$ регулярный вектор $\hat{U}_0 \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$ из условий:

$$\begin{aligned} \forall x \in D: A\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right) \hat{U}_0(x, \tau) &= \hat{Q}_0(x, \tau), \\ \forall y \in S_k: \hat{U}_0^+(y, \tau) &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{0, m_1}; \\ \forall y \in S_k: \left[R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_1 + 1, m_2}; \\ \forall y \in S_k: \left[Q\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_2 + 1, m_3}; \\ \forall y \in S_k: \left[P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_3 + 1, m_4}; \\ \forall y \in S_k: \left[N\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_4 + 1, m_5}; \\ \forall y \in S_k: \left[\Omega\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_5 + 1, m_6}; \\ \forall y \in S_k: \left[L\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_6 + 1, m_7}; \\ \forall y \in S_k: \left[I\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) \hat{U}_0^+(y, \tau) \right]^+ &= \hat{f}_0^{(k)}(y, \tau), \quad k = \overline{m_7 + 1, m}. \end{aligned}$$

Эта задача получается из задачи I_0 , формальным применением преобразования Лапласа $\hat{U}_0(x, \tau) = \int_0^{\infty} e^{-t\tau} U_0(x, t) dt$.

Относительно задачи \hat{I}_0 установлены [2]:

а) единственность решения; б) существование решения; в) гладкость решения относительно $x \in \bar{D}$; г) гладкость решения относительно $\tau \in \pi_{\sigma_0}$; д) асимптотические относительно $\tau \in \pi_{\sigma_0}$ оценки решения и её производных по x_k , $k = 1, 2, 3$ в замкнутых областях.

Задача \hat{I}_0 исследуется обычным способом [1,2]. Показывается, что задача \hat{I}_0 однозначно разрешима в классе регулярных векторов $C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$, а решение $\hat{U}_0(x, \tau)$ – аналитический вектор в полуплоскости $\tau \in \pi_{\sigma_0}$ и допускает оценки

$$\begin{aligned} \left| \hat{U}_0(x, \tau) \right| &< \frac{c}{|\tau|^5}, \quad \left| \frac{\partial \hat{U}_0(x, \tau)}{\partial x_k} \right| < \frac{c}{|\tau|^{3+a}}, \quad a > 0, \quad k = 1, 2, 3, \quad \forall x \in \bar{D}, \quad \forall \tau \in \pi_{\sigma_0}, \\ \left| \frac{\partial^2 \hat{U}_0(x, \tau)}{\partial x_k \partial x_i} \right| &< \frac{c}{|\tau|^{1+a}}, \quad a > 0, \quad k, i = 1, 2, 3, \quad \forall x \in \bar{D} \subset D, \quad \forall \tau \in \pi_{\sigma_0}, \end{aligned}$$

Аналитическая зависимость $\hat{U}_0(x, \tau)$ от $\tau \in \pi_{\sigma_0}$ и равномерные оценки, в силу известных теорем о преобразовании Лапласа, позволяют обратить интеграл и для оригинала имеем выражение:

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

Ясно, что $U(x, t) = U_0(x, t) + V(x, t)$ является регулярным решением задачи I эластотермомодиффузии.

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. Burchuladze T. and Bezhuashvili Yu. Three-dimensional boundary value problems of elastothermodiffusion with mixed boundary conditions. //Georgian Math. J. vol 4, 1997, 3, pp.243-258.

SUMMARY

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

Bezhuashvili Yu.A. and Kachakhidze N.D.

Georgian Technical University

In the present work the main dynamic problem of the adjoint theory of thermal diffusion with mixed boundary conditions is investigated for three-dimensional finite regions bounded by several closed surfaces. The theorems are proved of existence and uniqueness of regular solutions.

Keywords: thermal diffusion theory, dynamic problem, three-dimensional regular solutions.

სიბრტყის და წრფის ჰომოთეტიკა სივრცეში

მასპინძელაშვილი ბ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჰომოთეტიკა არის რაიმე ფიგურის მის მსგავს ფიგურაზე ასახვა, ე.ი. მოცემული ფიგურისაგან მისივე მსგავსი ფიგურია მიღება. სიბრტყისა ან წრფის ჰომოთეტიკაა მათი ასახვა პარალელურ სიბრტყეზე ან წრფეზე.

ზოგადი ამოცანა 1. მოცემულია სიბრტყის ზოგადი განტოლება

$$Ax + By + Cz + D = 0. \tag{P_1}$$

შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც აისახება (P) სიბრტყე ჰომოთეტიკით, რომლის ცენტრია $O(x_0; y_0; z_0)$ წერტილი, კოეფიციენტი კი K ($K \neq 0$).

ამოხსნა. ვთქვათ, (P₁) სიბრტყის ნებისმიერი წერტილია $A(x_1; y_1; z_1)$, რომელიც ამ ჰომოთეტიკით აისახება საძებნი სიბრტყის $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილზე, რაც ნიშნავს

$$K \cdot \overrightarrow{OA} = \overrightarrow{OB}. \quad \begin{array}{c} \xrightarrow{\hspace{10em}} \\ O(x_0; y_0; z_0) \qquad A(x_1; y_1; z_1) \qquad B(x_2; y_2; z_2) \\ K > 0 \end{array} \tag{1}$$

$$\overrightarrow{OA} = (x_1 - x_0; y_1 - y_0; z_1 - z_0), \quad \overrightarrow{OB} = (x_2 - x_0; y_2 - y_0; z_2 - z_0);$$

$$K \cdot \overrightarrow{OA} = (Kx_1 - Kx_0; Ky_1 - Ky_0; Kz_1 - Kz_0).$$

(1) ტოლობიდან მივიღებთ

$$Kx_1 - Kx_0 = x_2 - x_0, \quad x_1 = \frac{x_2 - x_0 + Kx_0}{K}; \quad Ky_1 - Ky_0 = y_2 - y_0, \quad y_1 = \frac{y_2 - y_0 + Ky_0}{K};$$

$$Kz_1 - Kz_0 = z_2 - z_0, \quad z_1 = \frac{z_2 - z_0 + Kz_0}{K}.$$

x_1 -ის, y_1 -ის და z_1 -ის სახეები შევიტანოთ (P₁) სიბრტყეში x -ის, y -ის და z -ის ნაცვლად, ე.ი.

$$\frac{Ax_2 - Ax_0 + AKx_0}{K} + \frac{By_2 - By_0 + BKy_0}{K} + \frac{Cz_2 - Cz_0 + XKz_0}{K} + D = 0,$$

$$Ax_2 + By_2 + Cz_2 - Ax_0 + AKx_0 - By_0 + BKy_0 - Cz_0 + CKz_0 + K \cdot D = 0. \tag{P_2}$$

(P₂) არის საძებნი სიბრტყის განტოლების სახე, რომელსაც აკმაყოფილებს $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილი. ეს განტოლებაა

$$Ax + By + Cz - Ax_0 + AKx_0 - By_0 + BKy_0 - Cz_0 + CKz_0 + KD = 0.$$

ამოცანა 1. მოცემულია სიბრტყის განტოლება

$$3x + y - 2z - 4 = 0. \tag{P_3}$$

შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც აისახება (P₃) სიბრტყე ჰომოთეტიკით, რომლის ცენტრია $O(-1; 2; -5)$ წერტილი, კოეფიციენტი კი -2 .

ამოხსნა. ვთქვათ, (P₃) სიბრტყის ნებისმიერი წერტილია $A(x_1; y_1; z_1)$, რომელიც ამ ჰომოთეტიკით აისახება საძებნი სიბრტყის $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილზე, რაც ნიშნავს

$$-2 \cdot \overrightarrow{OA} = \overrightarrow{OB}. \tag{2}$$

$$\begin{array}{c} \xleftarrow{\hspace{10em}} \\ B(x_2; y_2; z_2) \qquad O(-1; 2; -5) \qquad A(x_1; y_1; z_1) \end{array}$$

$$\overrightarrow{OA} = (x_1 + 1; y_1 - 2; z_1 + 5), \quad \overrightarrow{OB} = (x_2 + 1; y_2 - 2; z_2 + 5),$$

$$-2 \cdot \overrightarrow{OA} = (-2x_1 - 2; -2y_1 + 4; -2z_1 - 10).$$

(2) ტოლობიდან მივიღებთ: $-2x_1 - 2 = x_2 + 1, \quad x_1 = \frac{x_2 + 3}{-2};$

$$-2y_1 + 4 = y_2 - 2, \quad y_1 = \frac{y_2 - 6}{-2}; \quad -2z_1 - 10 = z_2 + 5; \quad z_1 = \frac{z_2 + 15}{-2}.$$

x_1 -ის, y_2 -ის და z_1 -ის სახეები შევიტანოთ (P_3) სიბრტყეში x -ის, y -ის და z -ის ნაცვლად, ე.ი.

$$\frac{3x_2 + 9}{-2} + \frac{y_2 - 6}{-2} + \frac{-2z_2 - 30}{-2} - 4 = 0,$$

აქედან $3x_2 + y_2 - 2z_2 - 19 = 0$ არის საძებნი სიბრტყის განტოლების სახე, რომელსაც აკმაყოფილებს $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილი. სიბრტყის განტოლებაა $3x + y - 2z - 19 = 0$.

ზოგადი ამოცანა 2. მოცემულია წრფის კანონიკური განტოლება სივრცეში

$$\frac{x - m}{a} = \frac{y - n}{b} = \frac{z - q}{c}. \quad (L_1)$$

შევადგინოთ იმ წრფის განტოლება, რომელზეც აისახება (L_1) წრფე ჰომოთეტიით, რომლის ცენტრია $O(x_0; y_0; z_0)$ წერტილი, კოეფიციენტი კი K ($K \neq 0$).

მითითება. წინა ზოგადი ამოცანა 1-ის ამოხსნის მსგავსად მოიძებნება ჰომოთეტიური წრფის განტოლება.

ამოცანა 2. მოცემულია წრფის განტოლება

$$\frac{x + 1}{-2} = \frac{y - 4}{-1} = \frac{z}{3}. \quad (L_2)$$

შევადგინოთ იმ წრფის განტოლება, რომელიც მიიღება (L_2) წრფის ჰომოთეტიით, რომლის ცენტრია $O(3; 1; -4)$ წერტილი, კოეფიციენტი კი 2.

ამოხსნა. ვთქვათ, (L_2) წრფის ნებისმიერი წერტილია $A(x_1; y_1; z_1)$, რომელიც ამ ჰომოთეტიით აისახება საძებნი წრფის $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილზე, რაც ნიშნავს

$$2 \cdot \overrightarrow{OA} = \overrightarrow{OB}. \quad \begin{array}{ccc} \xrightarrow{\hspace{10em}} & \xrightarrow{\hspace{10em}} & \xrightarrow{\hspace{10em}} \\ O(3; 1; -4) & A(x_1; y_1; z_1) & B(x_2; y_2; z_2) \end{array} \quad (3)$$

$$\overrightarrow{OA} = (x_1 - 3; y_1 - 1; z_1 + 4), \quad 2\overrightarrow{OA} = (2x_1 - 6; 2y_1 - 2; 2z_1 + 8), \quad \overrightarrow{OB} = (x_2 - 3; y_2 - 1; z_2 + 4).$$

(3) ტოლობიდან მივიღებთ:

$$2x_1 - 6 = x_2 - 3, \quad x_1 = \frac{x_2 + 3}{2}; \quad 2y_1 - 2 = y_2 - 1, \quad y_1 = \frac{y_2 + 1}{2};$$

$$2y_1 + 8 = z_2 + 4, \quad z_1 = \frac{z_2 - 4}{2}.$$

x_1 -ის, y_1 -ის და z_1 -ის სახეები შევიტანოთ (L_2) წრფეში x -ის, y -ის და z -ის ნაცვლად, ე.ი.

$$\frac{\frac{x_2 + 3}{2} + 1}{-2} = \frac{\frac{y_2 + 1}{2} - 4}{-1} = \frac{\frac{z_2 - 4}{2}}{3}, \quad \frac{x_2 + 5}{-4} = \frac{y_2 - 7}{-2} = \frac{z_2 - 4}{6}. \quad (L_3)$$

საძებნი წრფის სახეა (L_3) წრფე, რომელსაც აკმაყოფილებს $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილი. წრფის განტოლებაა

$$\frac{x + 5}{-4} = \frac{y - 7}{-2} = \frac{z - 4}{6}.$$

ლიტერატურა

1. Ефимов Е.В. и др. Линейная алгебра и многомерная геометрия. -М., Наука, 1970, 528 с.
2. Гурский Е.И. и др. Руководство к решению задач по высшей математике, часть 1. -Минск, Высшая школа, 1989, 348 с.

**SUMMARY
HOMOTHETY OF STRAIGHT LINE AND PLANE IN SPACE**

**Maspindzelashvili B.I.
Georgian Technical University**

When in the space straight line or plane are given and the center and coefficient of nomothety is known the method is constructed that gives the possibility to generate the equation of homothety straight line or plane.

Keywords: homothety, straight line, plane, space, coefficient, point, center of homothety.

წრფისა და სიბრტყის პარალელური გადატანა სივრცეში

მასპინძელაშვილი ბ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წრფის ან სიბრტყის პარალელური გადატანა (ასახვა) არის მათი გადაადგილება მოცემული ვექტორის მიმართულებით მისი სივრცის ტოლი მანძილით.

ზოგადი ამოცანა 1. მოცემულია წრფის კანონიკური განტოლება სივრცეში

$$\frac{x-x_0}{a} = \frac{y-y_0}{b} = \frac{z-z_0}{c}. \quad (L_1)$$

(L₁) წრფის პარალელური გადატანა ხდება $\vec{a} = (x_1; y_1; z_1)$ ვექტორს მიმართულებით მისი სივრცის ტოლ მანძილზე.

შევადგინოთ იმ წრფის განტოლება, რომელზეც აისახება (L₁) წრფე ამ პარალელური გადატანით.

ამოხსნა. ვთქვათ (L₁) წრფის ნებისმერი წერტილია A(x₂; y₂; z₂), რომელიც ამ პარალელური გადატანით აისახება საძებნი წრფის B(x₃; y₃; z₃) წერტილზე.

$\overrightarrow{A(x_2; y_2; z_2) \rightarrow B(x_3; y_3; z_3)} = \overrightarrow{AB} = (x_3 - x_2; y_3 - y_2; z_3 - z_2)$. რადგანაც $\vec{a} = \overrightarrow{AB}$, ამიტომ

$$\begin{aligned} x_1 &= x_3 - x_2, & x_2 &= x_3 - x_1; & y_1 &= y_3 - y_2, & y_2 &= y_3 - y_1; \\ z_1 &= z_3 - z_2, & z_2 &= z_3 - z_1. \end{aligned}$$

x₂-ის, y₂-ის და z₂-ის სახეები შევიტანოთ (L₁) წრფეში x-ის, y-ის და z-ის ნაცვლად, ე.ი.

$$\frac{x_3 - x_1 - x_0}{a} = \frac{y_3 - y_1 - y_0}{b} = \frac{z_3 - z_1 - z_0}{c}. \quad (L_2)$$

(L₂) არის საძებნი წრფის განტოლების სახე, რომელსაც აკმაყოფილებს B(x₃; y₃; z₃) წერტილი. ეს განტოლებაა

$$\frac{x-x_1-x_0}{a} = \frac{y-y_1-y_0}{b} = \frac{z-z_1-z_0}{c}.$$

ამოცანა 1. მოცემულია წრფის განტოლება

$$\frac{x+1}{-2} = \frac{y+3}{1} = \frac{z-2}{-3}. \quad (L_3) \text{ წრფის პარალელური გადატანა ხდება } \vec{a} = (-1; -5; 6)$$

ვექტორის მიმართულებით მისი სივრცის ტოლ მანძილზე.

შევადგინოთ იმ წრფის განტოლება, რომელზეც აისახება (L₃) წრფე ამ პარალელური გადატანით.

ამოხსნა. ვთქვათ (L₃) წრფის ნებისმიერი წერტილია A(x₁; y₁; z₁), რომელიც ამ პარალელური გადატანით აისახება საძებნი წრფის B(x₂; y₂; z₂) წერტილზე,

$$\overrightarrow{A(x_1; y_1; z_1) \rightarrow B(x_2; y_2; z_2)} = \overrightarrow{AB} = (x_2 - x_1; y_2 - y_1; z_2 - z_1).$$

რადგანაც $\vec{a} = \overrightarrow{AB}$, ამიტომ $-1 = x_2 - x_1$, $x_1 = x_2 + 1$; $-5 = y_2 - y_1$, $y_1 = y_2 + 5$; $6 = z_2 - z_1$, $z_1 = z_2 - 6$.

x₁-ის, y₁-ის და z₁-ის სახეები შევიტანოთ (L₃) წრფეში x-ის, y-ის და z-ის ნაცვლად, ე.ი.

$$\frac{x_2+1+1}{-2} = \frac{y_2+5+3}{1} = \frac{z_2-6-2}{-3}, \quad \frac{x_2+2}{-2} = \frac{y_2+8}{1} = \frac{z_2-8}{-3}. \quad (L_4)$$

(L₄) არის საძებნი წრფის განტოლების სახე, რომელსაც აკმაყოფილებს B(x₂; y₂; z₂) წერტილი. წრფის განტოლებაა

$$\frac{x+2}{-2} = \frac{y+8}{1} = \frac{z-8}{-3}.$$

ზოგადი ამოცანა 2. მოცემულია სიბრტყის ზოგადი განტოლებაა

$$Ax + By + Cz + D = 0. \quad (P1)$$

სიბრტყის პარალელური გადატანა ხდება $\vec{a} = (x_1; y_1; z_1)$ ვექტორის მიმართულებით მისი სიგრძის ტოლ მანძილზე.

შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც აისახება (P1) სიბრტყე ამ პარალელური გადატანით.

მითითება. წინა ზოგადი ამოცანა 1-ის ამოხსნის მსგავსად მოიძებნება სიბრტყის განტოლება, რომელზეც აისახება (P1) სიბრტყე.

ამოცანა 2. მოცემულია სიბრტყის განტოლება

$$2x - y + 3z + 5 = 0, \quad (P2)$$

რომლის პარალელური გადატანა ხდება $\vec{a} = (2; -2; 5)$ ვექტორის მიმართულებით მისი სიგრძის ტოლ მანძილზე.

შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც აისახება (P2) სიბრტყე ამ პარალელური გადატანით.

ამოხსნა. ვთქვათ, (P2) სიბრტყის ნებისმიერი წერტილია $A(x_1; y_1; z_1)$, რომელიც ამ პარალელური გადატანით აისახება საძებნი სიბრტყის $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილზე.

$\overrightarrow{A(x_1; y_1; z_1) \rightarrow B(x_2; y_2; z_2)} = \overrightarrow{AB} = (x_2 - x_1; y_2 - y_1; z_2 - z_1)$. რადგანაც $\vec{a} = (2; -2; 5) = \overrightarrow{AB}$, ამიტომ $2 = x_2 - x_1$, $x_1 = x_2 - 2$; $-2 = y_2 - y_1$, $y_1 = y_2 + 2$; $5 = z_2 - z_1$, $z_1 = z_2 - 5$.

x_1 -ის, y_1 -ის და z_1 -ის სახეები შევიტანოთ (P2) სიბრტყეში x -ის, y -ის და z -ის ნაცვლად, ე.ი.

$$2(x_2 - 2) - (y_2 + 2) + 3(z_2 - 5) + 5 = 0, \quad 2x_2 - y_2 + 3z_2 - 16 = 0. \quad (P3)$$

საძებნი სიბრტყის სახეა (P3) სიბრტყე, რომელსაც აკმაყოფილებს $B(x_2; y_2; z_2)$ წერტილი. სიბრტყის განტოლებაა $2x - y + 3z - 16 = 0$.

ლიტერატურა

1. Гусак А.А. Задачи и упражнения по высшей математике, часть 1. -Минск, Высшая школа, 1988, 228 с.
2. Данко П.Е. и др. Высшая математика в упражнениях и задачах, часть 1. -Москва, 1980, 319 с.

SUMMARY

PARALLEL TRANSFER OF STRAIGHT LINE AND PLANE IN SPACE

Maspindzelashvili B.I.

Georgian Technical University

If in the space straight line or plane and vector are given, by those the parallel transfer is determined, the method is constructed that gives the possibility to generate the equation of projected straight line or plane.

Keywords: parallel transfer, straight line, plane, space, vector, point.

ბელოკოპაციის გამოყენება მ-4 და მ-5 თაობის თვითობრბანიზებად სისტემაში

გოგოხია ს.შ., აბზიანიძე ნ.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

მობილური ქსელის მართვისა და ოპერირების დროს აუცილებელი ხდება სხვადასხვა ოპტიმიზაციისა თუ დაგეგმარების რთული ამოცანის გადაწყვეტა. თუ გავითვალისწინებთ თანამედროვე აბონენტების მზარდი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად გაშვებულ სხვადასხვა სისშირეებისა და სექტორების ექსპონენტურად გაზრდილ რაოდენობას, რომელიც თავის მხრივ იწვევს ამ საბაზო სადგურების გარეცვლების არეალის ურთიერთ გადაფარვას და გადაკვეთას, ამ ამოცანების ამოხსნა თითქმის შეუძლებელი ხდება გამომთვლელი სისტემებისა და ოპტიმალური ალგორითმების გარეშე. ფიჭების ავტომატური დაგეგმარების მოძველებულ სისტემებში გამოიყენებული იყო უხეში ძალის მეთოდი, რომელიც ფიჭისთვის ყველა პარამეტრის შესაძლებელი მნიშვნელობისათვის სიმულაციას საჭიროებდა. რა თქმა უნდა ეს მეთოდი ყველა არსებული ვარიანტისაგან საუკეთესოს არჩევის საშუალებას გვაძლევს, მაგრამ ძალიან არაეფექტური და დროში ხანგრძლივი ხდება დიდი სისტემებისათვის.

ძირითადი ნაწილი

თუ ფიჭების საერთო რაოდენობა არის n , ხოლო თითოეული i ფიჭისთვის სხვადასხვა შესაძლებელი დახრილობების მნიშვნელობების რაოდენობა არის T_i , მაშინ უხეში ძალის მეთოდის გამოყენებით საჭირო იტერაციების რაოდენობა:

$$I = \prod_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

ავტომატური ფიჭების დაგეგმარების ეფექტურობის გაზრდისათვის აუცილებელია შევამციროთ იტერაციების რაოდენობა. ამისათვის საჭიროა შემუშავებული იქნას მექანიზმები, რომლებიც წინასწარ განსაზღვრავს, თუ რომელი მნიშვნელობები გამოიწვევს სისტემის გაუარესებას და მათი უგულვებელყოფით მოახდენს იტერაციების რაოდენობის მნიშვნელოვნად შემცირებას, რაც თავის მხრივ გააუმჯობესებს მოდულის მუშაობის ხარისხს და შეამცირებს ანგარიშის დროს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ თითოეული პარამეტრის შეცვლა იწვევს მის გარშემო არსებული ფიჭების დაფარვის ცვლილებას, მაშინ მთელი პროცედურის ჩაწერა შესაძლებელი ხდება კლასიკური მრავალცვლადიანი ოპტიმიზაციის განტოლების საშუალებით სადაც, გამოყენებული არის სხვადასხვა დამოუკიდებელი კომპონენტი: დაფარვა, მომსახურების ხარისხი და ტევადობა. სიმარტივისათვის განვიხილოთ სისტემა, სადაც ყველაზე მაღალი პრიორიტეტი არის სიგნალის ინტერფერენციასთან ფარდობის (SIR) დონის გაუმჯობესება, რადგანაც ის პირდაპირ კავშირშია სპექტრალურ ეფექტურობასთან და ყოველი ცვლილებისათვის მოვახდინოთ მისი მნიშვნელობის მაქსიმიზაცია.

თუ მოცემულ პოლიგონს დაეყოფთ 100×100 მ სიგრძე-სიგანის კვადრატებად (ბინებად) და გამოვითვლით SIR-ის საშუალო მნიშვნელობას S_b თითოეული ბინისათვის, მაშინ სისტემის შესაფასებლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ SIR-ის საშუალო მნიშვნელობა, რომლის გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით:

$$S = \frac{\sum_i^N S_b(i)}{N} \quad (2)$$

სადაც, N არის კლასტერში არსებული ბინების რაოდენობა. სიგნალის დონის ცვლილება მოცემული ბინისთვის გამოიანგარიშება შემდეგნაირად:

$$\Delta_i = F(T_{o_i}) - F(T_{n_i}) \quad (3)$$

სადაც, F არის ანტენის გამოსხივების დიაგრამის დახრილობაზე დამოკიდებულების მაჩვენებელი ფუნქცია; T_o – ანტენიდან მოცემულ ბინამდე დახრილობის კუთხე ცვლილებამდე; T_n – კუთხე ცვლილების შემდეგ.

გაძლიერება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$F(T) = G - \min\left(12 * \left(\frac{\phi}{BW_h}\right)^2, Fr\right) - \min\left(12 * \left(\frac{\theta - T}{BW_v}\right), Sl\right) \quad (4)$$

სადაც, G არის ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტი; BW_h და BW_v – ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გაშლის კუთხეები სადაც მოქცეულია ანტენის მიერ გამოსხივებული ენერჯის ნახევარი; Fr – ფარდობა ანტენის წინ და უკან გაზომილ დონეებს შორის; ϕ – ჰორიზონტალური კუთხე მოცემულ აბონენტსა და ანტენის პირდაპირ მიმართულებას შორის; Sl – გვერდითა ფოთოლის დონე; θ – ვერტიკალური კუთხე ტერმინალსა და ანტენის პირდაპირ მიმართულებას შორის, რომლის გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულით:

$$\theta = a \tan\left(\frac{h_{BS} - h_m}{dist}\right) \quad (5)$$

სადაც, h_{BS} არის ანტენის სიმაღლე; h_m – აბონენტის სიმაღლე; dist – მანძილი მომხმარებელსა და საბაზო სადგურს შორის.

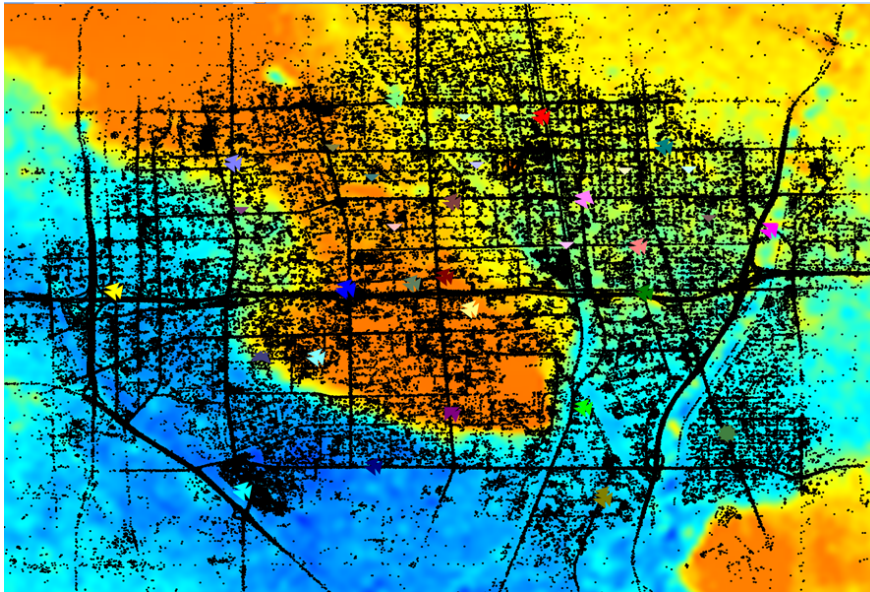
სიგნალის დონის ცვალებადობა ავტომატურად იწვევს SIR-ის მნიშვნელობის ცვლილებას, რომელიც მოცემული ბინისთვის გამოიანგარიშება შემდეგნაირად:

$$S_i = \begin{cases} R_i = Rb_i & S_i + \Delta_i \\ R_i \neq Rb_i & R_i - 10 * \lg\left(10^{\frac{(Rb_i - Sb_i)_i}{10}} - 10^{\frac{(R_i)}{10}} + 10^{\frac{(R_i - \Delta_i)}{10}}\right) \end{cases} \quad (6)$$

თითოეული საბაზო სადგურის არსებული დახრილობის (ტილტების) მნიშვნელობების ცვლილება განხორციელდა სხვადასხვა იტერაციად, სადაც ვახდენთ ბინების ანალიზს და ვიწვევთ მათ სორტირებას გასაუმჯობესებელი პარამეტრის მნიშვნელობების მიხედვით. ჩვენი მიზანია სათითაოდ გავაანალიზოთ ყველაზე ცუდი სარისხის მქონე ბინები და უხეში ძალის გამოყენებით დავადგინოთ ოპტიმალური დახრილობის მნიშვნელობები ყველა იმ ფიჭისთვის, რომლებიც გავლენას ახდენენ მოცემულ არეალში. თითოეული იტერაციის დროს ხდება სხვადასხვა ტილტების დაყენება და მთელი კლასტერის საშუალო მაჩვენებლების გამოთვლა [1-9].

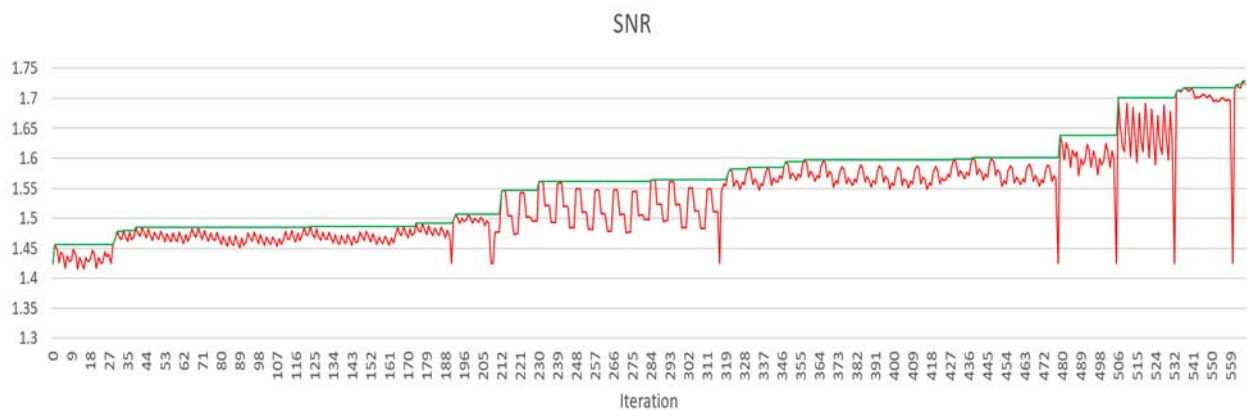
მოდელირების დროს გამოყენებული იქნა ზემოთ აღწერილი მოდელი და პარამეტრები. შერჩეული იქნა კლასტერი, რომელიც შედგება 24 საბაზო სადგურისაგან და 72 ფიჭისგან. ასევე აბონენტების ადგილმდებარეობა და სიგნალის ანათვლები აღებული იქნა 1 დღის განმავლობაში, რომელმაც ჯამში შეადგინა 15998 ჩანაწერი. კლასტერი შეირჩა არასტანდარტული რელიეფის მიხედვით, რადგანაც საჭიროა სიმულაციის რეალურ პირობებთან თავსებადობის მაქსიმალურად მიახლოება. სადგურე-

ბის, რელიეფისა და აბონენტების მიერ განხორციელებული ზარების გეომეტრიული განაწილების რუკა ნაჩვენებია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1. სიმულაციისთვის განკუთვნილი კლასტერი

560 იტერაციის შემდეგ მიღებული იქნა საუკეთესო შედეგი, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.2-ზე:



ნახ. 2. სიმულაციის შედეგი SINR გაუმჯობესება

ქსელის ხარისხის მაჩვენებლები

მაჩვენებელი	RSRP	SIR	Bad bins	Distance	Overshooting	Pollution
არსებული	-102,52	1,75	2273	1,42	16,13	0,51
სიმულირებული	-102,26	2,48	2141	1,42	16,00	0,51
გაუმჯობესება	0,25%	41,57%	-5,81%	-0,09%	-0,83%	0,00%

სიმულაციის შედეგმა გვაჩვენა 41%-ით ქსელის ხარისხის გაუმჯობესება, საშუალო სიგნალის დონის უმნიშვნელო ცვლილების დროს, რაც გულისხმობს

სპექტრული ეფექტურობის, გადმოტვირთვის სიჩქარის და მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესებას (ცხრილი).

ამრიგად, ფიჭების ავტომატური დაგეგმარების ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით განხილულმა ახალმა ალგორითმმა, რომელიც დაფუძნებულია გეოლოკაციზე, აჩვენა, რომ შემოთავაზებული ალგორითმი მნიშვნელოვნად ამცირებს იტერაციების რაოდენობას და შესაბამისად აუმჯობესებს სისტემის სტაბილურობას.

ფიჭებისა და იტერაციების რაოდენობებს შორის თითქმის ექსპონენტური დამოკიდებულების გათვალისწინებით, დადგენილია, რომ სისტემა განსაკუთრებით სტაბილურია მაშინ, როდესაც მცირე პოლიგონების რაოდენობა არ აღემატება 1000x1000.

სმარტფონებიდან მიღებული გაზომვების შედეგების (დაზუსტებული გეოლოკაციის მაჩვენებლების) გამოყენება ფიჭების ავტომატური დაგეგმარების ალგორითმში, აუმჯობესებს პრობლემური ადგილების (ფიჭების) აღმოჩენის სიზუსტესა და შესაბამისად ზრდის ქსელის მომსახურების ხარისხს სხვა არსებულ მეთოდებთან შედარებით, რაც თავის მხრივ ინოვაციური მიდგომაა მსგავსი პრობლემის გადასაჭრელად.

ლიტერატურა

1. 3rd Generation Partnership Project (3GPP), TR 32.836 Study on NM Centralized Coverage and Capacity Optimization, Sep., 2012.
2. Gelfand, Izrail Moiseevich, "Calculus of Variations", Dover, Feb. 1963
3. Devlin, Keith, "What Exactly is Multiplication?" Texas, USA Jan. 2011.
4. Xiang, Limin, "A formal proof of the four color theorem", Apr, 2009.
5. Catedra, M. F., Perez-Arriaga, J, "Cell Planning for Wireless Communications", Artech House, Jun. 1999.
6. Jarvis, Leslie A, "Geolocation of LTE subscriber stations based on the timing advance ranging parameter", Dec. 2010
7. Mohammad Reza Pasandideh, Automatic Planning of 3G UMTS All-IP Release 4 Networks with Realistic Traffic, Jan. 2011
8. Farhana Afroz, Ramprasad Subramanian, Roshanak Heidary, Kumbesan Sandrasegaran, Solaiman Ahmed, SINR, RSRP, RSSI and RSRQ measurements in Long Term Evolution networks, Aug. 2015
9. V. Buenestado, M.Toril, S.Luna-Ramírez, J.M.Ruiz-Avilés, Self-Planning of Base Station Transmit Power for Coverage and Capacity Optimization in LTE, Aug. 2017

SUMMARY

USE OF GEOLOCATION IN 4G AND 5G SON TECHNOLOGY-BASED SON SYSTEMS

Gogokhia S.Sh. and Abzianidze N.E.

Georgian Technical University

The article presents 4G and 5G SON algorithm. The brute force method has become very inefficient due to the exponential growth of the network elements, which requires very large computational resources and makes it almost impossible to detect and respond to problems on time. Geolocated degradations that are aggregated and sorted on bin levels, allow to predict and exclude parameter values that will deteriorate the quality of the system. This method significantly reduces the number of iterations, which is a key indicator of system efficiency. Increased efficiency allows to focus on cells causing the network performance degradation and allow operators to automatically and timely adjust network settings.

Keywords: geolocation, automation, iteration.

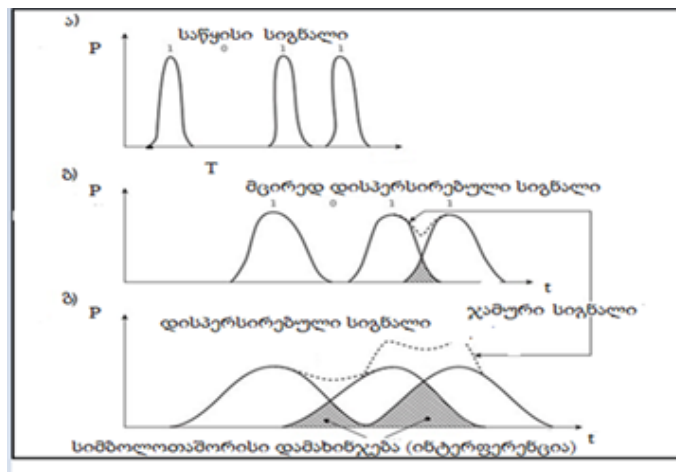
სიმბოლოთაშორისი დამახინჯება, მოდემის გაყოფის ხმაური და სიმძლავრის ჯარიმის შეფასება ბადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში

სვანიძე რ.გ., როსტიაშვილი ნ.რ., ჩხაიძე მ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომებში [1,2] წარმოდგენილი იყო ბიტურ შეცდომათა ალბათობაზე და ენერგეტიკულ პოტენციალზე მოქმედი ფაქტორები და გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების (გცბოს) გადამცემში (ლაზერული დიოდი), სახაზო ტრაქტში წარმოქმნილი ხმაურები, რომლებიც განეკუთვნებიან სიგნალზე დამოკიდებულ ხმაურებს: მოდალური ხმაური, მოდემის გაყოფის ხმაური – MPN (Mode Partition Noise, ფარდობითი ინტენსივობის ხმაური – RIN (Relative Intensity Noise) და სიმბოლოთაშორისი დამახინჯება (ინტერფერენცია, ხმაური – ISI- Intersymbol Interference)

ახლა განვიხილოთ პროცესი, რომლის დროსაც გცბოს სახაზო ტრაქტში გავლისას გადაცემული შეტყობინების იმპულსები განიცდიან დისპერსიას, შედეგად, იმპულსები ფართოვებიან და ადგილი აქვს იმპულსების ურთიერთგადაფარვას, რაც ხდება სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების (სმდ-ISI) (ინტერფერენციის) მიზეზი. ამდენად, გაფართოებული (დისპერსირებული) სიმბოლოები იკავებენ სატაქტო ინტერვალის (T) ნაწილს (ნახ.1). რაც იწვევს გადაცემული სიმძლავრის გაუარესებას. ITU-T G.957 რეკომენდაცია ადგენს დისპერსიის გამო იმპულსებს შორის ენერჯიის გადანაწილების და გადაცემული სიმძლავრის შემცირებას (გაუარესებას), რაც ფასდება სიმძლავრის ჯარიმის სახით.



ნახ.1. სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების ილუსტრაცია ოპტიკურ კაბელში ციფრული სიგნალების გადაცემის დროს

როგორც აღინიშნა, სიმბოლოთაშორისი დამახინჯებისას ადგილი აქვს სიმძლავრის გადანაწილებას მოდემს შორის, რის გამოც გადაცემული სიგნალის სიმძლავრე მცირდება, ხოლო მისი შეფასება ხდება ჯარიმის სახით – P_{ISI} (დბ). NRZ ფორმატის სახაზო სიგნალისათვის და სელექტიური SLM (Selective laser melting) ლაზერის გამოყენების შემთხვევაში გამოისახება ფორმულით [2]:

$$P_{ISI} = 5 \log(1 + 2\pi\alpha^2) \tag{1}$$

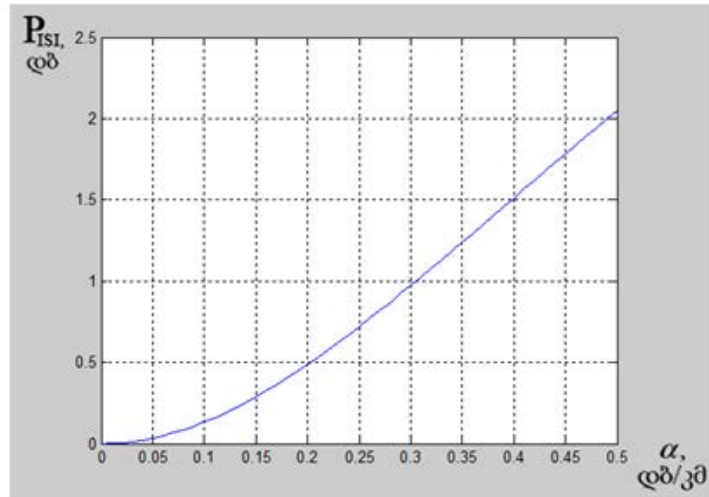
ხოლო, მიღება:

$$\alpha = \left(\frac{10^{\frac{P_{ISI}}{5}} - 1}{2\pi} \right)^{0.5} \tag{2}$$

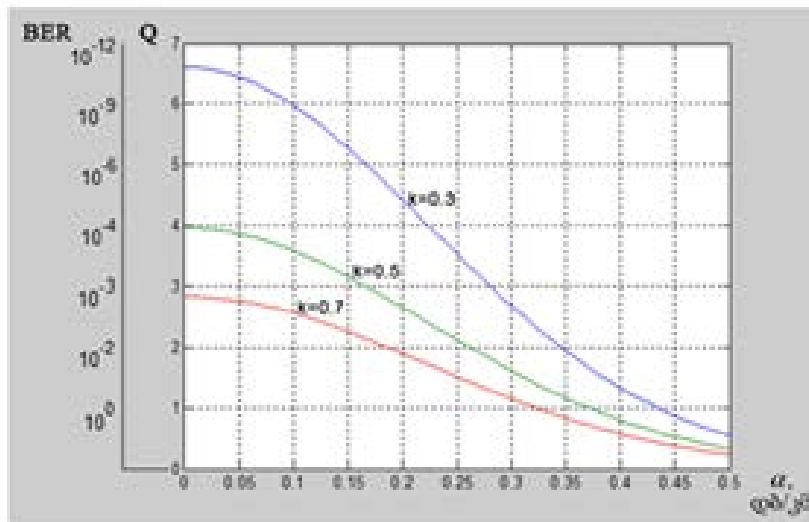
სადაც, P_{ISI} -სიმბოლოთაშორის დამახინჯებით გამოწვეული სიმძლავრის ჯარიმაა, $\varepsilon \equiv \alpha$ მილევაა, დბ/კმ.

(1) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ მიღებული შედეგი არა არის დამოკიდებული ბიტურ შეცდომათა ალბათობაზე, რომელიც ადებულია $BER=10^{-10}$ დროს.

ნახ. 2 მოყვანილია სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების გამო სიმძლავრეზე ჯარიმის დამოკიდებულება მილევაზე – $P_{ISI} = \Psi(\alpha)$



ნახ. 2. სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების სიმძლავრეზე ჯარიმის დამოკიდებულება მილევაზე $P_{ISI} = \Psi(\alpha)$.



ნახ. 3. Q ფაქტორის $Q = \Psi(BER)$ დამოკიდებულება მილევაზე, მოდური სეგმენტის კოეფიციენტის (k) სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. $k=0,3; 0,5; 0,7$. მოდური სეგმენტის ხმაურის $P_{MPN}=0,2$ დროს

ამრიგად, როგორც მოსალოდნელი იყო ოპტიკური არხის მილევა განაპირობებს სიმძლავრის ჯარიმას სიმბოლოთაშორის დამახინჯებაზე.

შედარებისათვის განვიხილოთ მრავალგრძივი მოდიანი MLM (Multi –Longitidine Mode) ლაზერების გამოყენების შემთხვევაში სისტემის ენერგეტიკული პოტენციალის გაუარესება (ჯარიმა სიმძლავრის მიხედვით მოდების გაყოფის ხმაურისთვის (MPN - Mode Partition Noise)). მოდების გაყოფის ხმაური იანგარიშება როგორც [1]:

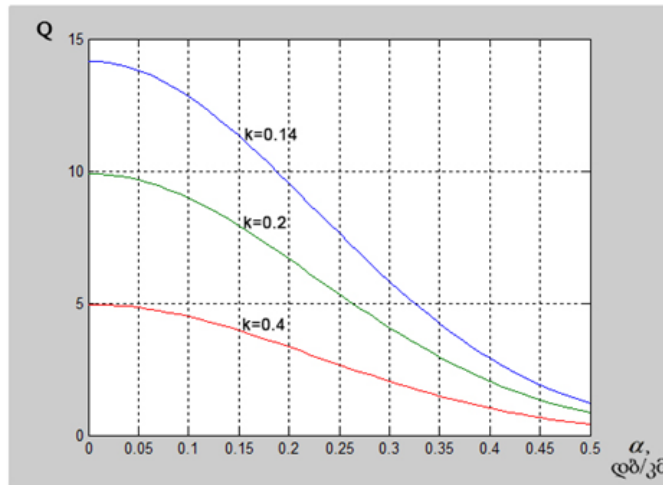
$$P_{MPN-Jar} = -10 \log_{10} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[kQ(1 - e^{-\pi^2 \alpha^2}) \right]^2 \right\} \quad (3)$$

სადაც, K – მოდების გაყოფის (სეგმენტის) ხმაურის კოეფიციენტი; Q – ხარისხის ფაქტორი.

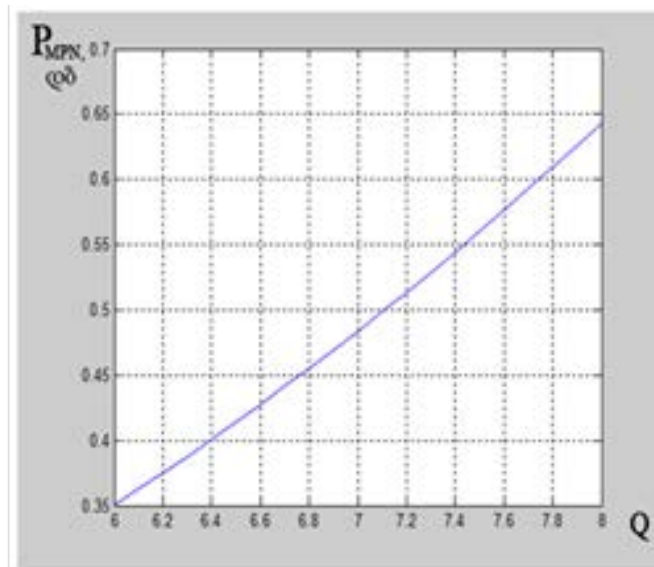
(3) ფორმულიდან განვსაზღვროთ Q-ფაქტორი:

$$Q = \frac{2(1 - 10^{-10 P_{MPN}})}{k(1 - e^{-\pi^2 \alpha^2})} \quad (4)$$

ნახ. 3. წარმოდგენილია Q ფაქტორის (Q= Ψ (BER) დამოკიდებულება მიღებაზე, მოდური სეგმენტის კოეფიციენტის (k) სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. k=0,3; 0,5; 0,7. მოდური სეგმენტის ხმაურის P_{MPN}=0,2 დროს. ნახ. 4 მოყვანილია Q-ფაქტორის (Q= Ψ (BER)) დამოკიდებულება მიღებაზე მოდური სეგმენტის კოეფიციენტის (k) სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის (k=0,14; 0,2; 0,4) მოდური სეგმენტის ხმაურის P_{MPN}=0,2 სიდიდის დროს.



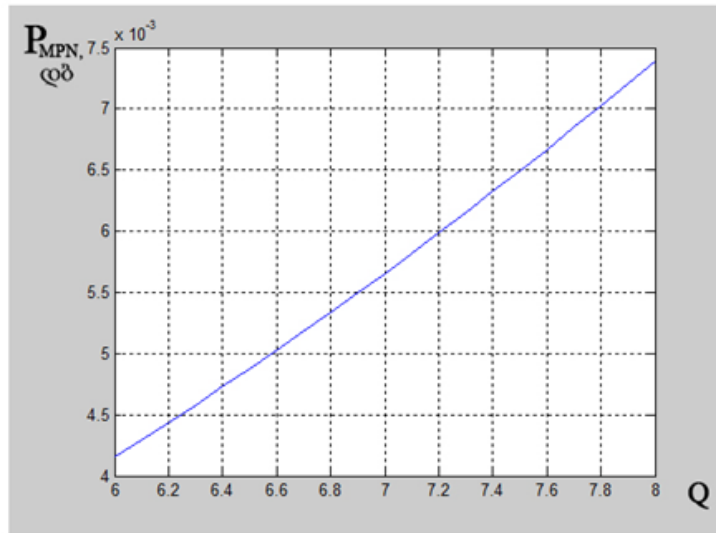
ნახ. 4. Q-ფაქტორის – Q= Ψ (BER) დამოკიდებულება მიღებაზე მოდური სეგმენტის კოეფიციენტის (k) სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. k=0,14; 0,2; 0,4 . მოდური სეგმენტის ხმაურის P_{MPN}=0,2 მნიშვნელობისათვის



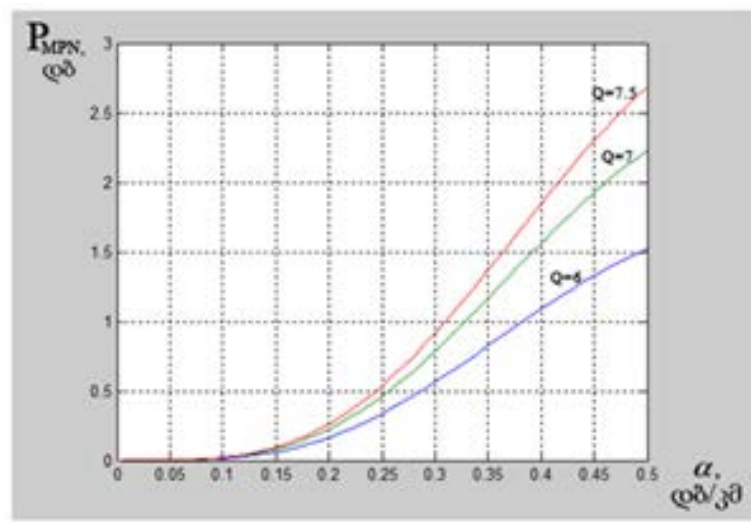
ნახ. 5. PMPN = Ψ (Q) გრაფიკი, როდესაც Q=6; 7; 7,5; 8 K=0,7; ε = α =0,1 დბ/კმ

(3) ფორმულის მიხედვით ავადოთ გრაფიკი $P_{MPN} = F(Q)$, (ნახ.5), როდესაც $K=0,7$; $\alpha = 0,1$ დბ/კმ.

ნახ. 6-ზე წარმოდგენილია $P_{MPN} = \Psi(Q)$ გრაფიკი, როდესაც $K=0,3$; $\alpha = 0,05$ დბ/კმ, ხოლო ნახ. 7-ზე მოყვანილია $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულების გრაფიკი Q-ს სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის ($Q=6; 7; 7,5$ და $k=0,14$);

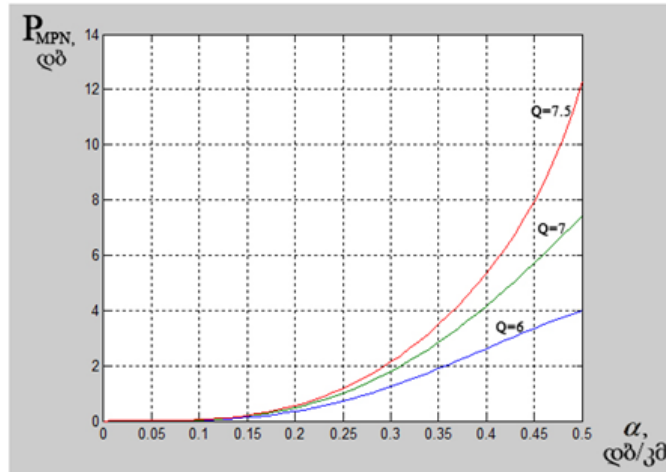


ნახ. 6. $P_{MPN} = \Psi(Q)$ გრაფიკი, როდესაც $K=0,3$ $\varepsilon = \alpha = 0,05$ დბ/კმ

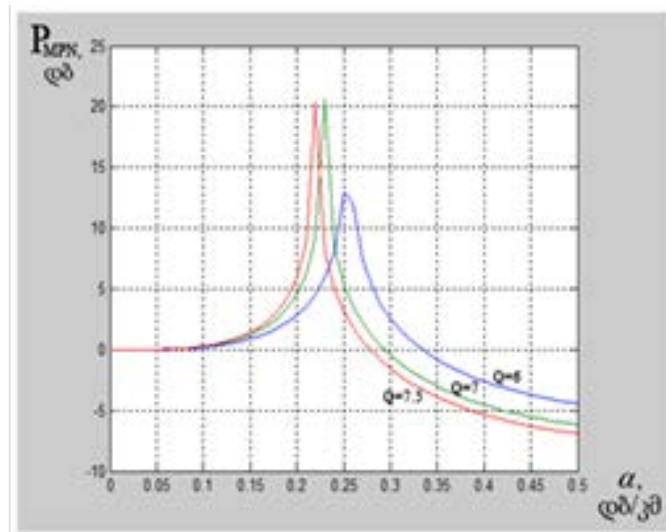


ნახ. 7. $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც, ($Q=6; 7; 7,5$ და $k=0,14$).

ნახ. 8. ნახვენებია $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც $Q=6; 7; 7,5$; $k=0,5$;
 ნახ. 10. $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც $Q=6; 7; 7,5$; $k=0,14$, ხოლო ნახ 9.
 $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც, $Q=6; 7; 7,5$; $k=0,5$

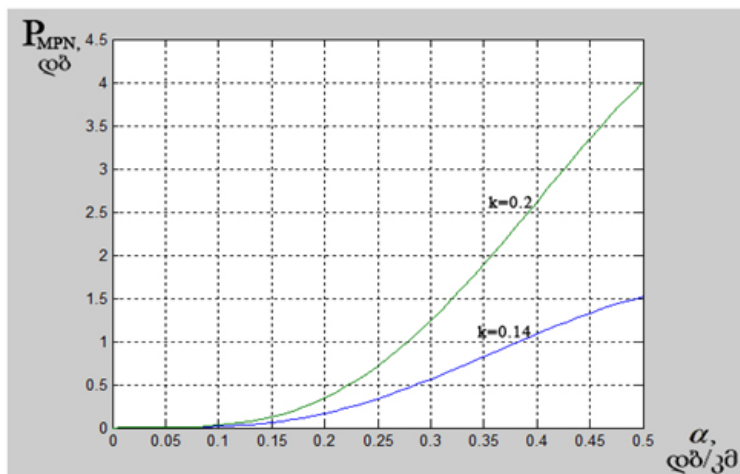


ნახ. 8 $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც $Q=6; 7; 7,5, k=0,2$,

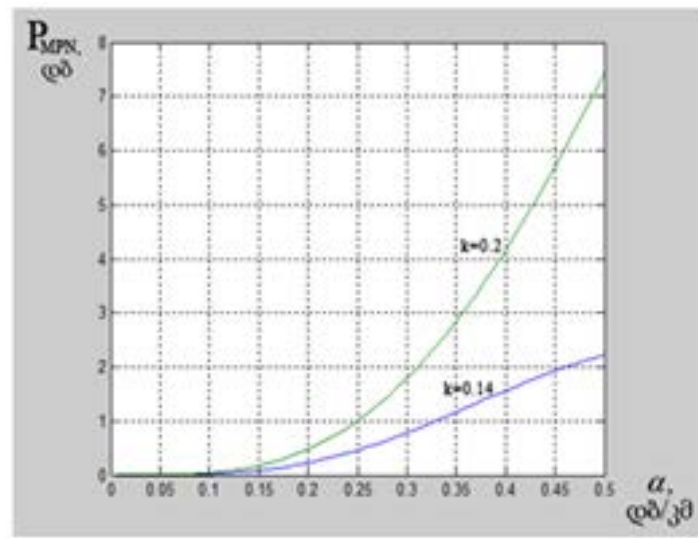


ნახ. 9. $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც, $Q=6; 7; 7,5; k=0,5$

ნახ. 10 წარმოდგენილია $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც, $Q=6; k=0,14, 0,2$; ხოლო, ნახ. 11 წარმოდგენილია $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც $Q=7; k=0,14, 0,2$;

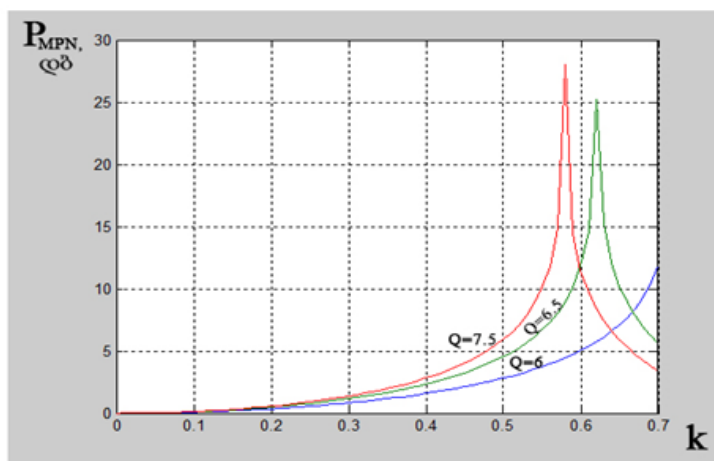


ნახ. 10. $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც, $Q=6; k=0,14; 0,2$



ნახ. 11. $P_{MPN} = F(\alpha)$ დამოკიდებულება, როდესაც, $Q=7; k=0,14$.

ნახ. 12. წარმოდგენილია $P_{MPN} = F(k)$ დამოკიდებულების გრაფიკი $Q=6; 7; 7,5$ მნიშვნელობებისათვის.



ნახ. 12. $P_{MPN} = F(k)$ დამოკიდებულების გრაფიკი $Q=6; 7; 7,5, \alpha = 0,2$ დბ/კმ მნიშვნელობებისათვის

ვინაიდან, სიმბოლოთაშორისი დამახინჯების, მოდური სეგმენტის ხმაურის წარმოშობის წყაროები დამოუკიდებელი არიან, ამის გამო, საერთო ჯარიმა სიმძლავრის გაუარესებაზე შეიძლება შევავასოთ, როგორც სიმბოლოთაშორის სიმძლავრეზე ჯარიმისა და ლაზერის მოდური სეგმენტის ხმაურზე (მოდების გაყოფის ხმაურზე) ჯარიმების ჯამი [3]:

$$P_{\text{ჯარ.საერთო}} = P_{\text{ისი}} + P_{MPN} \quad (5)$$

შენიშვნა: საერთოდ, სიმძლავის ჯარიმა (გაუარესება) მერყეობს 0,5 – 2 დბ ფარგლებში [2], კერძოდ, სიმძლავრის ჯარიმა $P_{\text{ისი}}=0,5$ დბ; $\alpha=0,203$; $P_{\text{ისი}}=1,0$ დბ; $\alpha = 0,305$; $P_{\text{ისი}}=2$ დბ; $\alpha = 0,491$

საერთო ჯარიმა სიმძლავრეზე გამოთვლილია (5) ფორმულის მიხედვით:

ა) Pisi: როდესაც მიღება $\alpha = 0,15$ დბ/კმ, მაშინ, Pisi = 0,25 დბ, (ნახ.2), $\alpha = 0,3$; $Q=6$, $BER=10^{-9}$.

ბ) P_{MPN}: $\alpha = 0,15$ დბ/კმ, P_{MPN} = 0,1 დბ, K = 0,14; Q=6 (ნახ. 7;) ამრიგად საერთო ჯარიმა P_{ჯარ.} საერთო = 0,15+0,1=0,25 დბ. ანუ, იმისათვის, რომ მივალწით ბიტურ შეცდომათა ალბათობას $BER = 10^{-9}$ (Q=6), როდესაც K=0,14 საერთო ჯარიმა უნდა იყოს P_{ჯარ.} საერთო = 0,25 დბ-ის ტოლი.

ამრიგად, სიბოლოთაშორის დამახინჯებაზე ჯარიმა – Pisi და ჯარიმა სიმძლავრის მიხედვით – P_{MPN} მოდების გაყოფის ხმაურზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ გცბოს ხარისხობრივ მახასიათებლებზე: Q-ფაქტორსა და ბიტურ შეცდომათა ალბათობაზე, მის ენერგეტიკულ პოტენციალზე (ბიუჯეტზე) და როგორც მითითებულია [1]-ში აუცილებლად უნდა იქნას შეფასებული და გათვალისწინებული სისტემის ენერგეტიკული პოტენციალის რეზერვის დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის დროს. წარმოდგენილი გრაფიკებით შესაძლებელია შევაფასოთ აგრეთვე $Q = \Psi_{(BER)}$ მნიშვნელობის დამოკიდებულება მიღების და მოდების გაყოფის ხმაურთან მიმართებით.

ლიტერატურა

1. Svanidze R., Rostiashvili N. Chincharauli J. Factors affecting the probability of bit errors and energy potential in digital fiber-optic transmission systems. /Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. August 20, 2020. Conference Proceedings. B&M Publishing, 2020, San Francisco, California, USA.
2. Svanidze R. Rostiashvili N., Chkhaidze M. The probability of bit errors (BER) and the mode of noise division of the transmission laser modes in digital-fiber-optic transmission systems. /Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. August 20, 2020. Conference Proceedings. B&M Publishing, 2020, San Francisco, California, USA.
3. Рек. МСЭ-Т, серия G, добавление 39 (02/2006). СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ.
4. Surachet Kanprachar Dr. Ira Jacobs, Chairman Electrical Engineering Modeling and analysis of the effects of impairments in fiber optic links <https://pdfs.semanticscholar.org/8b23/6ff4a50cd73280bb949f8b6e6317a83b5458.pdf>

SUMMARY

INTER-SYMBOL DISTORTION, NOISE SPLITTING AND POWER FINE ESTIMATION IN DIGITAL FIBER-OPTIC TRANSMISSION SYSTEMS

Svanidze R.G., Rostiashvili N.R. and Chkhaidze M.T.

Georgian Technical University

The paper presents an assessment of penalties for interdisciplinary distortion (ISI) and noise division (MPN) It has been established that these penalties can have a significant impact on the quality of the heat: Q-factor and the probability of bit errors, its energy potential (budget) and must be assessed and taken into account when designing and operating the energy potential reserve of the system.

Keywords: BER – Bit error rate, MPN -Mode partition noise, RIN -Relative intensity noise, ISI- Intersymbol interference, MLM -Multi longitude mode.

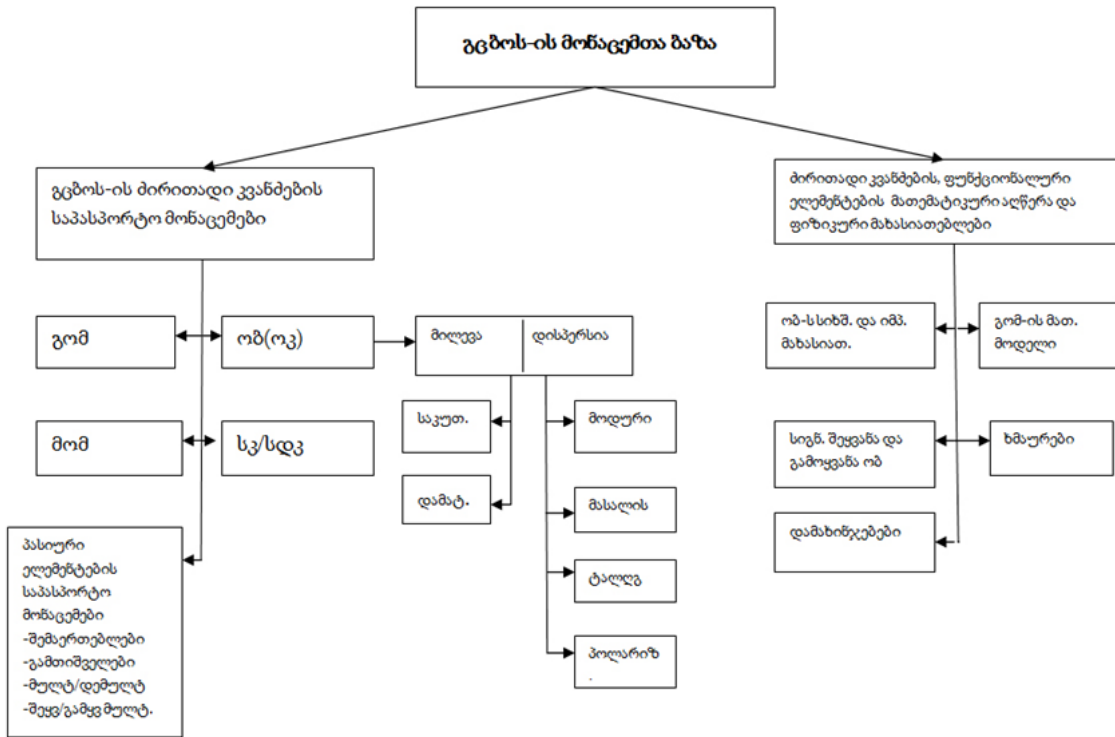
ბადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების საკაბელო ხაზების დებრადაცია

სვანიძე რ.გ. ჭინჭარაული ჯ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების (გცბოს) დანერგვიდან განუწყვეტლად ხორციელდება გცბოს-ის კვანძების და კომპონენტების მახასიათებლების დახვეწა, განახლება და მთლიანად სისტემების მოდერნიზაცია. ამასთან ერთად, სახეზეა გცბოს მოწყობილობა-დანადგარების დეგრადაცია და მისი თანმდევი მოვლენები. რაც დაკავშირებულია ამ კვანძების და კომპონენტების ექსპლუატაციასთან, ფიზიკურ დაძველებასთან, რომელთა დადგენა აუცილებელია.

ქვემოთ მოყვანილია გცბოს-ის მონაცემთა ბაზის ბლოკ-სქემა (ძირითადი კვანძების ფუნქციონალური ელემენტების, კომპონენტების ჩამონათვალი), რომელთა მდგომარეობა, მახასიათებლები, ექსპლუატაციის პირობები განაპირობებენ ოპტიკური სისტემების დეგრადაციას.



ამ მოვლენებს მიყვავართ სისტემის მწარმოებლურობის გაუარესებთან, კერძოდ, შესაძლებელია გაიზარდოს ბიტურ შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის და გეგმილი მნიშვნელობა, ლაზერის მიერ გამოსხივებული სიმძლავრის სიდიდე, მიმდების მგრძობიარობა, რეგენერაციული უბნის წინასწარ გათვალისწინებული სიგრძე და სხვა.

გცბოს-ის დაპროექტებისას წინასწარ შესაფასებელია სისტემის ელექტრული და ისეთი მექანიკური მახასიათებლები, როგორცაა: სიმტკიცე გაწყვეტაზე, სტატისტიკური დაღლილობა, ოპტიკური ბოჭკოების ხანგამძლეობა, სისტემის მდგრადობა [1].

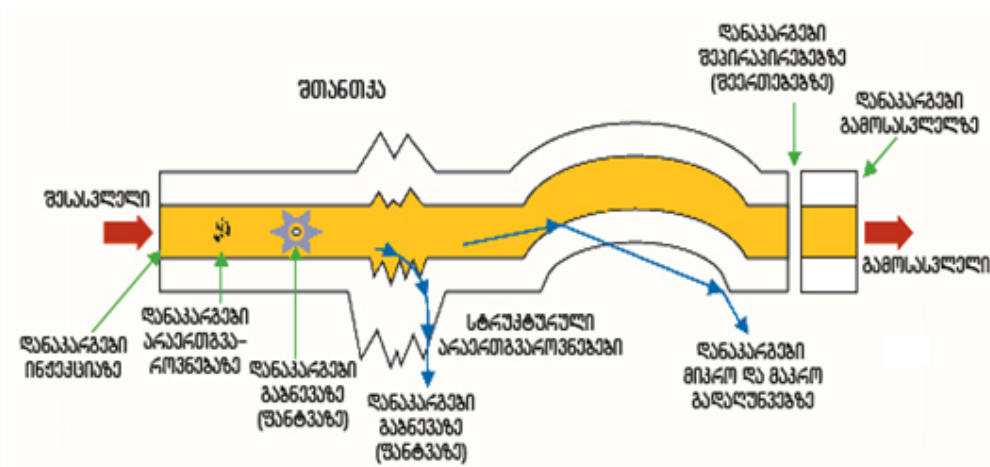
ფიზიკური მექანიზმების და კანონზომიერების ახსნა, რომლებიც წარმოიშვებიან სიგნალების გავრცელებისას გცბოს-ის ექსპლუატაციის დროს ტელეკომუნიკაციის სფეროში წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას. ეს ეხება ოპტიკური სიგნალების დანაკარგებს, დისპერსიულ მოვლენებს და არაწრფივ დამახინჯებებს.

აღსანიშნავია, რომ ამ ეტაპზე საქართველოს სატელეკომუნიკაციო სისტემაში ოპერატორი კომპანიების საკუთრებაშია ოპტიკური საკაბელო ხაზები:

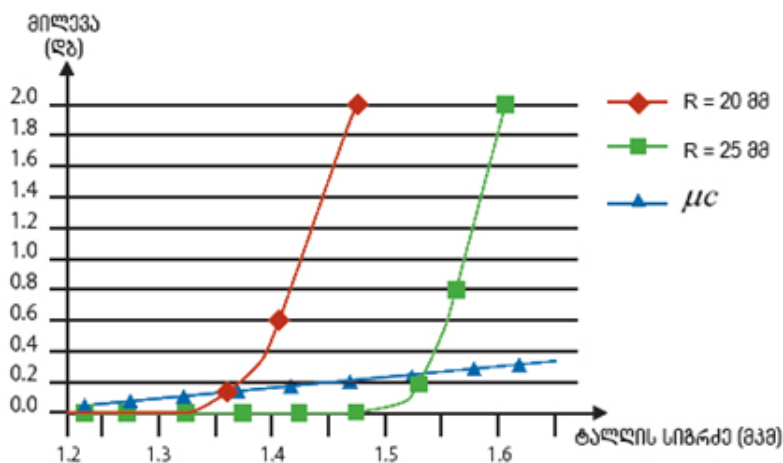
- სააბონენტო გამანაწილებელი 80 889 კმ
- მაგისტრალური გამანაწილებელი 738 916 კმ
- მაგიტრალური 887 412 კმ
- საქალაქთაშორისო მაგისტრალური 96 264 კმ

განვიხილოთ მილევასთან დაკავშირებული ოპტიკურ კაბელების დეგრადაციის საკითხები.

ნახ. 1 მოყვანილია მილევის დანაკარგების მექანიზმი ოპტიკურ ბოჭკოებში (ობ) ხოლო ნახ. 2 მილევის დამოკიდებულება ობ-ში მიკრო- და მაკროგადაღუნვების ეფექტზე [2].



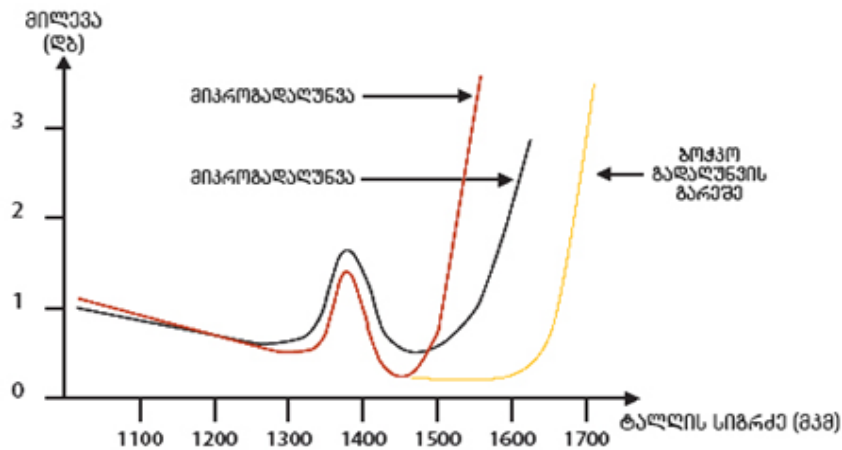
ნახ.1. დანაკარგების მექანიზმი ოპტიკურ ბოჭკოებში



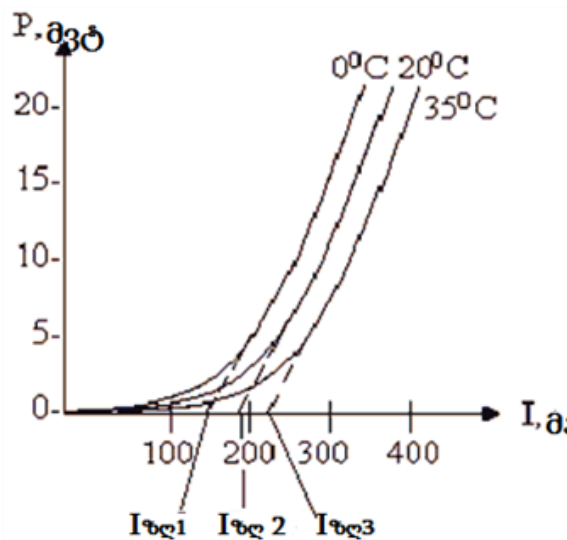
ნახ.2. ოპტიკურ ბოჭკოებში მიკრო- და მაკრო გადაღუნვების ეფექტი

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია დანაკარგების მექანიზმის ილუსტრაცია, საიდანაც ჩანს, მილევის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე ობ-ისათვის გადაღუნვით (მოხრით) და გადაღუნვის (მოხრის) გარეშე. ნახ. 4. მოყვანილია ლაზერული დიოდის (ლდ) ვატი-ამპერული მახასიათებლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. მილევის ტიპობრივი კოეფიციენტები ობ-ში გადაღუნვის (მოხრის) გარეშე და ობ-ში სხვადასხვა სახის (მოხრის) შემთხვევაში.

როგორც ცნობილია, გარდა საკუთარი დანაკარგებისა (მიღვეისა) ოპტიკური მაგისტრალების მშენებლობის და ექსპლუატაციის პროცესში დიდი მნიშვნელობა აქვს ოპტიკური კაბელების ინსტალაციას მათი გაყვანის პროცესში, მშენებლობის ნორმებისა და სტანდარტების დაცვას. დადგენილია, რომ დანაკარგების 20%-მდე სწორედ გარე დანაკარგებზე მოდის.



ნახ. 3. მიღვევის ტიპობრივი მნიშვნელობები



ნახ. 4. ლაზერული დიოდის ვატ-ამპერული მახასიათებლები მოხრილი და მოუსრული ოპტიკური ბოჭკოსათვისთვის

მნიშვნელოვანია მიღვევები, რომლებიც წარმოიშევა ობ-ის შეერთებების (შეპირდაპირებების) დროს [3]. თანამედროვე შედულების აპარატების გამოყენებით ობ-ის მაღალხარისხოვანი შედულებისას მიღვევა არ უნდა აღარბედეს 0,1 დბ; ასევე, მაღალხარისხოვანი ერთმოდინი შემაერთებლების (კონექტორების) SC, ST და C გამოყენებისას მიღვევა საშუალოდ შეადგენს 0,2 დბ. ამასთან ერთად, არსებული ნორმები მკაცრად უნდა იყოს დაცული ოპტიკური კაბელის გაწყვეტა-აღდგენის დროს, ან მაგისტრალის დაგრძელების შემთხვევაში; რეგენერაციული უბნის ანგარიშისას გათვალისწინებული უნდა იყოს დადგენილი რეზერვი.

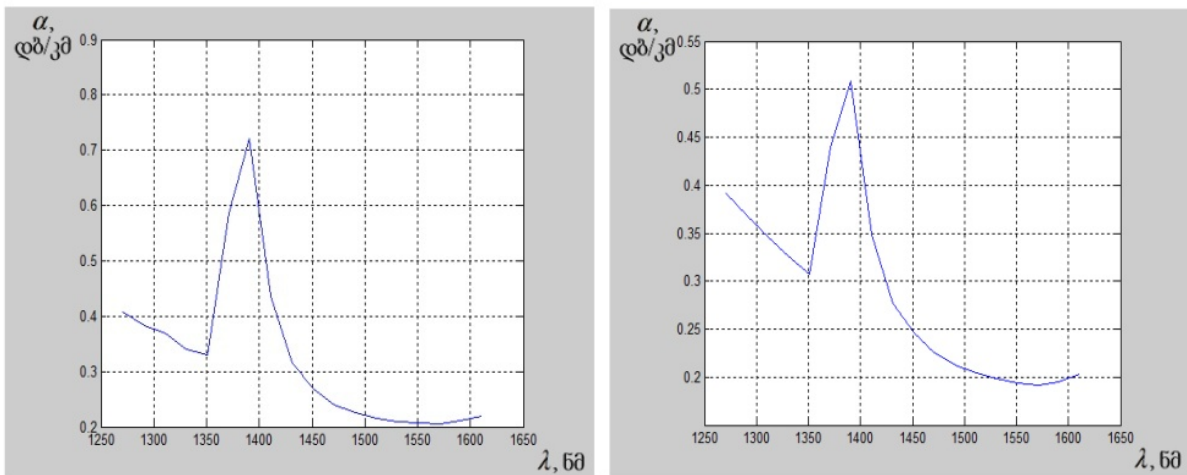
ოპტიკური გამომსხივებლები, ოპტიკური მიმღებები აგრეთვე განიცდიან დაძველებას და დეგრადაციას. მათზე მოქმედებს გარემოს ტემპერატურა, სინესტე,

მექანიკური ვიბრაცია და სხვა. მაგალითისათვის მოვიყვანოთ გამოსხივების სიმძლავრის აღზნების დენზე დამოკიდებულება (ვატ-ამპერული მახასიათებელი) ტემპერატურის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე [3].

ზოგადად, გცბოს-ის კვანძების ტექნოლოგიების ხარისხი და მაჩვენებლები დღითიდღე იხვეწება. ზოგიერთი კვანძის მახასიათებლის და მუშაობის უნარიანობის ხანგრძლიობის შესაფასებლად საკმარისია მოვიყვანოთ რამოდენიმე მაგალითი [2]:

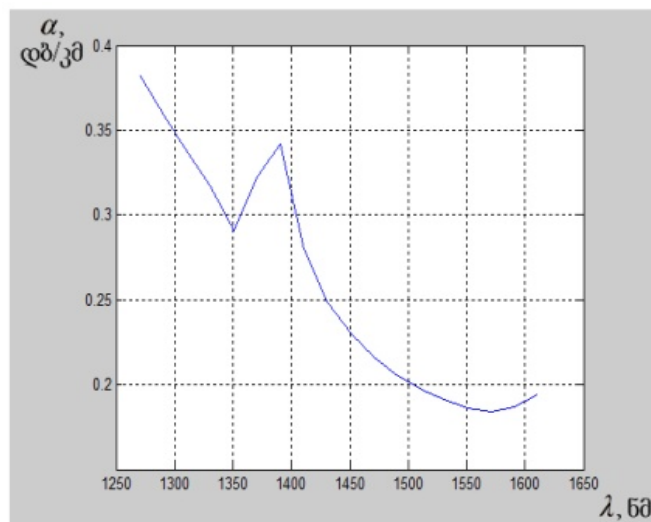
– ოპტიკური ბოჭკო: 1966 წელს ოპტიკური ბოჭკოს მიღება შეადგენდა 1000 დბ/კმ-ზე; 1970 წელს – 20 დბ/კმ-ზე; 1975 წელს – 2 დბ/კმ-ზე; 1975 წელს – 2 დბ/კმ-ზე; 1976 წელს – გამჭვირვალობის მესამე ფანჯარაში ($\lambda = 1,55$ მკმ) 0,5 დბ/კმ-ზე; 1978 წელს მიღებული იქნა ობ 0,2 დბ/კმ-ზე მიღევით.

– ოპტიკური გამომსხივებელი: 1970 წელს ნობელის პრემიის ლაურეატმა ჯ. ალფიოროვმა დაამუშავა ნახევარგამტარული ლაზერების ტექნოლოგია; 1973 წელს ლაზერული დიოდების მუშაობის ხანგრძლიობა შეადგენდა 1000 საათს; 1975 წელს შეიქმნა პირველი კომერციული ნახევარგამტარული ლაზერი, რომელიც მუშაობდა ოთახის ტემპერატურაზე, 1976 წელს ლაზერის მუშაობის ხანგრძლიობა გაზრდილი იქნა 100 000 საათამდე (10 წელი), შემდეგ ეტაპზე მუშაობის ხანგრძლიობა გაზრდილი იქნა 1 მილიონ საათამდე (100 წელი) [2].



ა)

ბ)

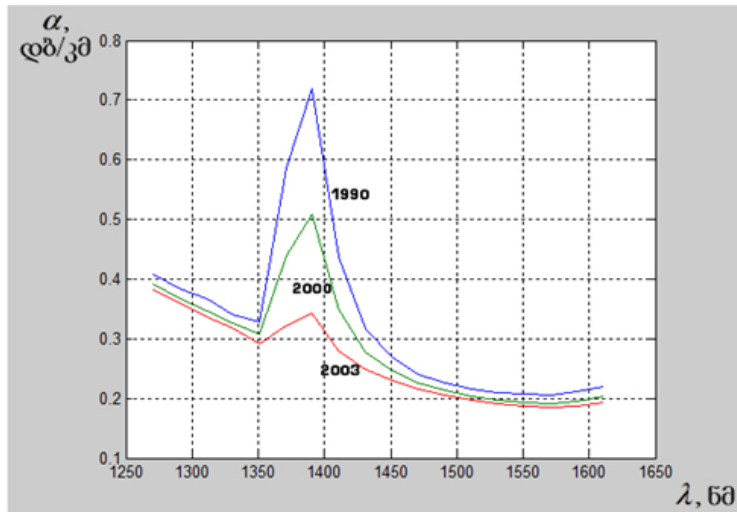


გ)

ნახ. 5. G.652 A&B სტანდარტის ოპტიკური კაბელების მიღევის მახასიათებლები
 ა) 1990 წლამდე ჩადებული; ბ) 2000 წლამდე ჩადებული; გ) 2003 წლამდე ჩადებული

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითები გცბოს-ის სახაზო ტრაქტის ოპტიკური კაბელების ტექნოლოგიური განვითარების დინამიკა მიღევის შემცირების თვალსაზრისით [3]. ნახ. 5. ა) და გ)-ზე მოცემულია G.6521990, 2000–2003 წლებში ჩადებული სტანდარტის ოპტიკური კაბელის მიღევის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე [3].

ნახ. 6-ზე თვალსაჩინოებისათვის მოყვანილია სამივე წლის მონაცემების გაერთიანებული ნახაზი, რომლიდანაც ნათლად ჩანს მიღევის შემცირების დინამიკა; მაგალითად, 1400 ნმ ტალღის სიგრძეზე მიღევა 1990 წლის 0,5 დბ/კმ-დან შემცირდა 0,4 დბ/კმ-მდე (2000 წ) და 0.3 დბ/კმ-მდე (2003 წ).

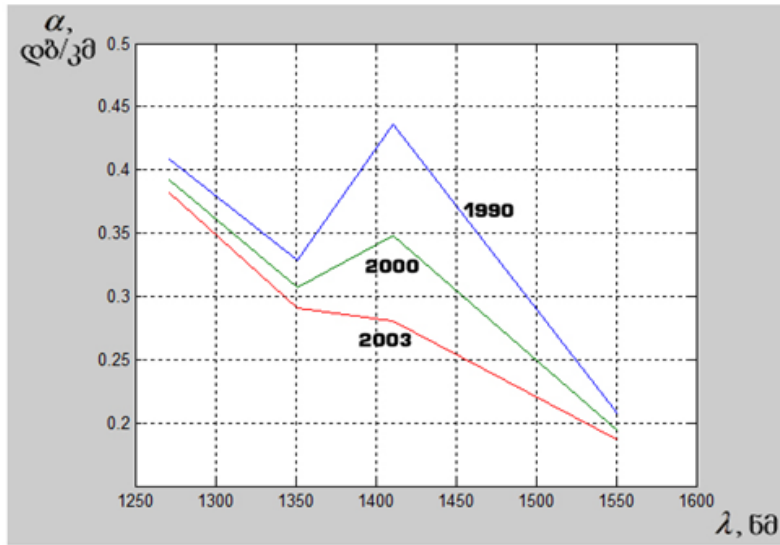


ნახ. 6. მიღევის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში. კაბელები ჩადებულია: 1990 წლამდე, 2000 წლამდე, 2003 წელს

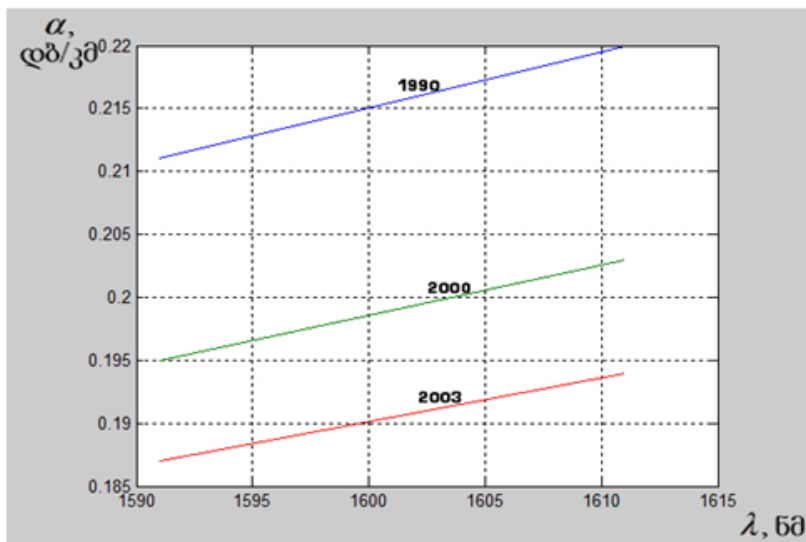
ცხრ. 1-ში მოყვანილია მიღევის კოეფიციენტის სტანდარტული საშუალო მნიშვნელობებიდან გადახრის მაჩვენებლები (დბ/კმ) ოპტიკურ საბაზო ქსელში ტალღური მულტიპლექსირების CWDM აპარატურის ცენტრალური ტალღის სიგრძე (ნმ) ოთხი სხვადასხვა სიხშირისათვის (1271,1351,1411 და 1551 ნმ), 1990, 2000 და 2003 წლებში. ცხრ.1-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მიღევის კოეფიციენტის და სტანდარტული გადახრის საშუალო მნიშვნელობა ოთხივე ტალღაზე მუდმივად მცირდება. ნახ. 7 ეს დამოკიდებულებები მოცემულია გრაფიკულად.

ცხრ. 1. მიღევის კოეფიციენტის სტატისტიკა საბაზო ქსელში

CWDM-ის ცენტრალური ტალღის სიგრძე (ნმ)	კაბელები, ჩადებული 1990 წლამდე		კაბელები, ჩადებული 2000 წლამდე		კაბელები, ჩადებული 2003 წელს	
	საშუალო	სტანდ. გადახრა	საშუალო	სტანდ. გადახრა	საშუალო	სტანდ. გადახრა
1271	0,408	0,017	0,392	0,018	0,382	0,005
1351	0,329	0,015	0,307	0,019	0,291	0,004
1411	0,436	0,074	0,348	0,082	0,280	0,016
1551	0,207	0,022	0,194	0,010	0,186	0,003



ნახ. 7. მიღების დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე (1271,1351,1411 და 1551 ნმ) ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში. კაბელები ჩადებულია: 1990 წლამდე, 2000 წლამდე, 2003 წელს



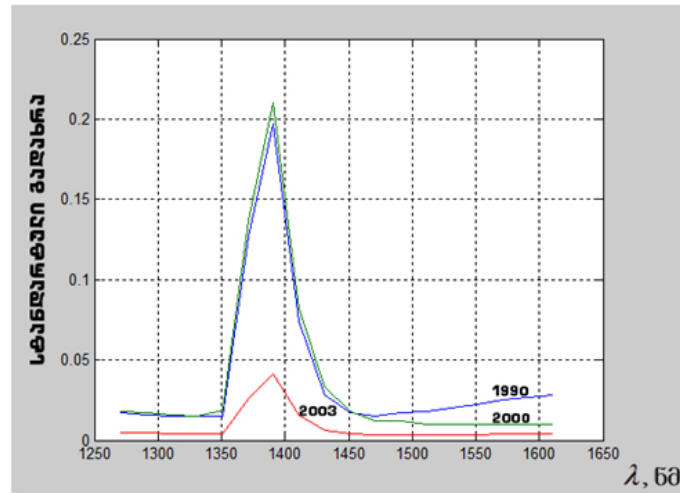
ნახ. 8. მიღების დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე (1571 და 1611 ნმ) ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელებში. კაბელები ჩადებულია: 1990 წლამდე, 2000 წლამდე, 2003 წლამდე

ცხრ. 2-ში მოყვანილია მიღების კოეფიციენტის ცვლილების დინამიკა საბაზო ქსელში ტალღური მულტიპლექსირების CWDM-ის ცენტრალური 1591, 1611 ტალღის სიგრძეებისათვის (ნმ) 1990, 2000, 2003 წლებში, ხოლო ნახ. 8 ამ დამოკიდებულების გრაფიკები.

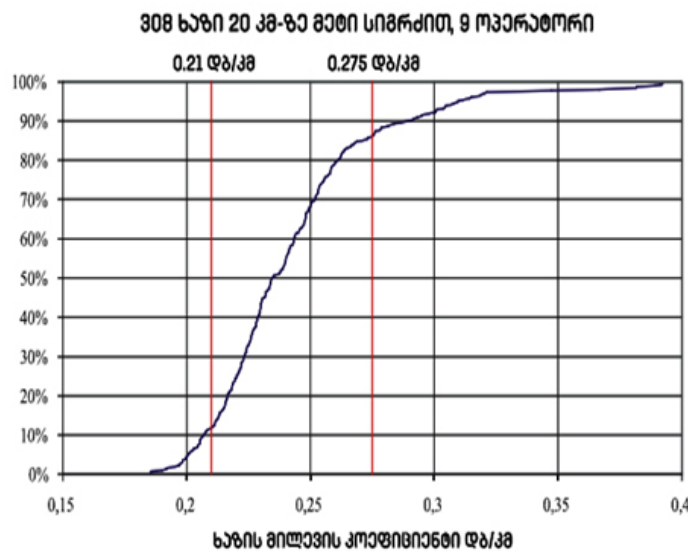
ცხრილი 2. მიღების კოეფიციენტის სტატისტიკა საბაზო ქსელში

CWDM-ის ცენტრალური ტალღის სიგრძე (ნმ)	კაბელები, ჩადებული 1990 წლამდე		კაბელები, ჩადებული 2000 წლამდე		კაბელები, ჩადებული 2003 წელს	
	საშუალო	სტანდ. გადახრა	საშუალო	სტანდ. გადახრა	საშუალო	სტანდ. გადახრა
1591	0,211	0,027	0,392	0,018	0,382	0,005
1611	0,220	0,028	0,307	0,019	0,291	0,004

გარდა მილევის შემცირების ტენდენციისა უმჯობესდება მილევის საშუალო მნიშვნელობიდან სტანდარტული გადახრის თვალსაზრისით ნახ. 9. (ცხრ. 2)



ნახ. 9. მილევის მნიშვნელობიდან სტანდარტული გადახრის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე; კაბელი ჩადებულია 1990 წლამდე, 2000 წლამდე, 2003 წელს



ნახ. 10. ოპტიკური საზის შემხვედრი მოსალოდნელი დანაკარგების ალბათობის დამოკიდებულება საზის მილევაზე 1550 ნმ ტალღის სიგრძეზე 20 კმ კმ-ზე მეტი სიგრძის საზებისათვის

უმჯობესდება აგრეთვე ოპტიკური ქსელების საერთო მახასიათებლები მილევის კუთხით. ნახ. 10 წარმოდგენილია 9 ქსელური მომსახურების მიმწოდებელი ოპერატორის ქალაქის პირობებში ჩადებული 1550 ნმ ტალღის სიგრძეზე მომუშავე 20 კმ-ზე მეტი სიგრძის 308 საზის მოსალოდნელი დანაკარგების ალბათობის დამოკიდებულება საზის მილევაზე 2003–2005 წლებში, რაც ადასტურებს ITU-T G. 695 რეკომენდაციაში მოცემულ მნიშვნელობებს მოცემული პირობებისთვის [3].

ამრიგად, ოპტიკური კაბელების მუშაობის ხანგრძლიობა, რომელიც საშუალოდ შეადგენს 25–35 წელს, ხასიათდება დეგრადაციული მოვლენებით, რომლის დროსაც უარესდება გამომსხივებლის, ოპტიკური საზის, ოპტიკური მიმღების მახასიათებლები. რაც მნიშვნელოვნად აუარესებს გცბოს მწარმოებლურობას (ბიტურ შეცდომათა ალბათობას, რეგენერაციული უბნის დაგეგმილ სიგრძეს და სხვა). თუმცა, მიმდინარე ტექნოლოგიური პროგრესის გამო მნიშვნელოვნად გაიზარდა მა-

თი მუშაობის ხანგრძლიობა და ხარისხობრივი მაჩვენებლები. პროგრესია ოპტიკური კაბელების წარმოების მიმართულებით. ამ ეტაპზე თითქმის მიღწეულია ოპტიკური ბოჭკოს მიღების თეორიული ზღვარი. მიუხედავად ამისა, ოპტიკური კაბელების დეგრადაციის დასაკომპენსირებლად, რომლებიც გამოწვეულია ოპტიკურ კაბელებზე მოქმედი მექანიკური დაზიანებებით და სხვა ფაქტორებით მიყვავართ ოპტიკური სიგნალების მიღევასთან, დისპერსიასთან, არაწრფივ დამახინჯებებთან რაც გააუმჯობესებს მთლიანად გცბოს-ის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს და მდგრადობას [4].

ლიტერატურა

1. А.В. Листвин, В.Н. Листвин. Рефлектометрия оптических волокон. Л63-М.: ЛЕСАРпт, 2005, 208 с.
2. რ. სვანიძე. გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემები და ტექნოლოგიები. თბილისი, კავკასიის უნივერსიტეტის ტექნოლოგიური სკოლის გამომცემლობა, 2019 წ., 694 გვ.
3. მამუკა ჩხაიძე. გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემების კვლევა. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2013 წ., 185 გვ.
4. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. -М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998, 267 с.
5. რეკომენდაცია МСЭ-Т, серия G, добавление 39 (02/2006). СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ.
6. Величко М.А. Уменьшение деградации оптических сигналов волоконно-оптических системах связи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. -М., 2009.

SUMMARY

DEGRADATION OF CABLE TRANSMISSION LINES OF DIGITAL FIBER-OPTIC SYSTEMS

Svanidze R.G. and Chincharauli J.I.

Georgian Technical University

The paper presents approaches to assess the degradation of cable fiber-optic systems (TFOS) transmission lines. It has been established that with the deterioration of characteristics due to natural and artificial overlays during the operation of TFOS cells, the optical and mechanical characteristics of TFOS are constantly improved with the introduction of modern technologies, as well as the optical-mechanical characteristics of optical lines. The dynamics of improving the optical fiber, cable, as well as lasers of different standards are given.

Keywords: fiber-optical systems, degradation, transmission line.

შეთანხმების მოდელების შედარებითი ანალიზი

კოტრიკაძე ქ.ო., ყიფშიძე დ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბლოკჩენის სისტემის განხილვაში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ბლოკჩენის პლატფორმის სწორად შერჩევას. შეთანხმების მოდელები და მათთან დაკავშირებული უსაფრთხოება, შეიძლება ითქვას, რომ წარმოადგენს ყველაზე მნიშვნელოვან ასპექტს, რომელიც მოითხოვს უდიდეს ყურადღებას ბლოკჩენის პლატფორმის შერჩევის პერიოდში, რადგან სწორედ ეს მოდელები უნარჩუნებენ ავთენტურობას ბლოკჩენის სისტემაში ჩაწერილ მონაცემებს. სისტემა მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეძლებს ტრანზაქციების და ჯაჭვში ბლოკების მიმდევრობის დაცვას, თუკი თავდაპირველი გათვლები, რაც ჩადებული იყო სისტემაში სწორია და შეთანხმების მოდელებს შეუძლიათ შეინარჩუნონ მდგრადობა ჩავარდნის ან არასასურველი შეტყვის მდგომარეობებში [1].

დღეისათვის, ყველაზე გავრცელებული შეთანხმების მოდელებია: მუშაობის დადასტურება, აქტივების დადასტურება, განვლილი დროის დადასტურება, ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობა, გაერთიანებული ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობა [2-6] და სხვ.

მოვასხინოთ ამ შეთანხმების მოდელების შედარება კატეგორიების მიხედვით (ცხრილი):

ბლოკჩენის შეთანხმების ალგორითმების შედარება

	მუშაობის დადასტურება	აქტივების დადასტურება	განვლილი დროის დადასტურება	ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობა	გაერთიანებული ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობა
ბლოკჩენის ტიპი	ღია	ორივე	ორივე	დახურული	ღია
ტრანზაქციის დასრულება	შემთხვევითი	შემთხვევითი	შემთხვევითი	მაშინვე	მაშინვე
ტრანზაქციის ღირებულება	ცოტა	ბევრი	საშუალო	ბევრი	ბევრი
მონაწილეობის ღირებულება	კი	კი	არა	არა	არა
წვეილური ქსელის მასშტაბირებადობა	დიდი	დიდი	დიდი	პატარა	დიდი
ნდობის მოდელი	არა	არა	არა	კი	ნაწილო ბრივი
მოწინააღმდეგის მიმართ მედეგობა	≤ 25%	დამოკიდებულ ია გამოყენებულ ალგორითმზე	მცირე	≤ 33%	≤ 33%

იმისათვის, რომ უკეთ გავიაზროთ მოცემული ცხრილი, მოვახდინოთ ცხრილში მოცემული კატეგორიების ანალიზი შესაბამისი თანმიმდევრობით:

ბლოკჩეინის ტიპი – ბლოკჩეინის ტიპი განსაზღვრავს ბლოკჩეინის პლატფორმის ტიპს – ღია (სადაც ნებისმიერ მომხმარებელს შეუძლია შემოუერთდეს) ან დახურული (ახალი მომხმარებლის დამატება ხდება მხოლოდ გარკვეული წესების მიხედვით).

ანალიზი. მაგალითად, მუშაობის დადასტურება და გაერთიანებული ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობის მოდელები შექმნილია კონკრეტულად ღია პლატფორმებისთვის, სადაც შემოერთება ნებისმიერი მსურველისთვის არის შესაძლებელი. იდეაში, მათ დახურული ტიპის ბლოკჩეინშიც შეუძლიათ მუშაობა, თუმცა არაეფექტური იქნებიან.

ტრანზაქციის დასრულებადობა – განსაზღვრავს, რომ მას შემდეგ, რაც ტრანზაქცია შეუერთდა ბლოკჩეინის ბლოკს, შეიძლება ის ჩავთვალოთ თუ არა დასრულებულად.

ანალიზი. მუშაობის დადასტურებაზე და განვლილი დროის დადასტურებაზე დაფუძნებული შეთანხმების მოდელები დგანან იმ რისკის წინაშე, რომ შესაძლოა ერთდროულად ბევრი ბლოკის გამომუშავება განხორციელდეს მოდელში ლიდერის არჩევის წესიდან და ქსელში არსებული შეყოვნებებიდან გამომდინარე. იმის გამო, რომ ამან შეიძლება გამოიწვიოს ბლოკჩეინში სხვადასხვა განშტოებების ფორმირება და მათგან ერთი უკვე ხდება არსებულის გაგრძელება, ის ტრანზაქციები, რომლებიც უკვე დადასტურდა, ხელახალი გამოთვლებიდან ვარდება. ამას მიყვავართ შემთხვევითი ტრანზაქციების დასრულების მოდელამდე, სადაც მომხმარებლებმა უნდა დაიცვალონ შედარებით დიდხანს, სანამ ტრანზაქცია დადასტურდება და დასრულდება.

აქტივების დადასტურების შემთხვევაში, დროებით განშტოებებს შეუძლიათ პარალელურად იარსებონ მცირე დროით, თუკი ვალიდატორები ამ დროს ერთმანეთის პარალელურად აძლევენ ხმას სხვადასხვა განშტოებებზე, რათა გაზარდონ მიღებული ჯილდოს ოდენობა. ასეთ სისტემებში ჯაჭვი, რომელსაც ყველაზე მეტი აქტივი დაუჭერს მხარს, ჩაჯდება საბოლოო რგოლად. სხვა მოდელებში, სადაც დასრულება მყისიერად მიმდინარეობს, როგორც კი ტრანზაქცია ჯდება ბლოკში, ის დადასტურდება და იქიდან აღარ ამოვარდება.

მონაწილეობის ღირებულება – სისტემაში მონაწილეობისთვის, სისტემის ოპერატორების მიერ განსაზღვრული ღირებულება.

ანალიზი. მუშაობის დადასტურება და აქტივების დადასტურება ავტომატურად გულისხმობენ ამ ღირებულებას შეთანხმებაში მონაწილეობის მისაღებად. მონაწილეობის დადასტურება მოითხოვს დიდი ოდენობის ენერჯიას, რომელიც აუცილებელია დადასტურების მოსაპოვებლად. აქტივების დადასტურება კი მოითხოვს, რომ ნოდებმა წინასწარ შეიძინონ გარკვეული ოდენობის კრიპტოვალუტა უსაფრთხოების დეპოზიტისთვის, იმისათვის, რომ პლატფორმის მართვაში მიიღონ მონაწილეობა.

წყვილური ქსელის მასშტაბირებადობა – შეთანხმების მოდელების მასშტაბირებადობა არის მათი უნარი მიაღწიონ შეთანხმებას მაშინ, როდესაც წყვილური ნოდების რიცხვი გამუდმებით იზრდება.

ანალიზი. ჩვენს მიერ განხილული მოდელების უმეტესობაში, გარდა ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობის და მისი ვარიაციებისა, ჩანს მასშტაბირების მაღალი მაჩვენებლები. რაც შეეხება ამ უკანასკნელს, რეკომენდირებულია, რომ შეთანხმების ქსელში წყვილთა კავშირები არ იყოს 20-ზე მეტი. წყვილების რაოდენობის 20-ზე მეტად გაზრდით იმატებს ქსელში გაცვლილი მესიჯების რაოდენობაც, რასაც საბოლოოდ არასასურველ შედეგებამდე მიყვავართ.

ნდობის მოდელი – ნდობის მოდელი განსაზღვრავს, შეთანხმებაში მონაწილე სისტემები, ანუ ნოდები უნდა იცნობდნენ ან ენდობოდნენ თუ არა ერთმანეთს.

ანალიზი. მუშაობის დადასტურების, აქტივების დადასტურების და განვლილი დროის დადასტურების ალგორითმების შემთხვევაში, ნოდები შეიძლება იყოს არასანდო, რადგან შეთანხმების მისაღწევად გამოყენებულია სხვა ისეთი საშუალებები, როგორებიცაა გამოთვლითი სამუშაოები ან უსაფრთხოების დეპოზიტები. მანამ, სანამ

ქსელში მონაწილეთა 25–50%-ზე მეტი არ იქცევა მოწინააღმდეგედ (შემტვეად), შეთანხმების მექანიზმს არაფერი ემუქრება.

ბლოკჩეინ სისტემებში, რომლებიც იყენებენ ბიზანტიური ჩავარდნების მედეგობის მოდელებს, ნოდების წყვილები ერთმანეთს უნდა იცნობდნენ და უნდა იყვნენ სისტემაში დარეგისტრირებულები, თუ უნდათ, რომ შეთანხმებაში მიიღონ მონაწილეობა. ნოდები შეიძლება დაინფიცირდნენ ვირუსით ან ქონდეთ ხარვეზები პროგრამულ კოდში, მაგრამ მანამ, სანამ ასეთი მონაწილეების ოდენობა 33%-ზე ნაკლებია, შეთანხმების პროცესები ხელშეუხებელი რჩება. გაერთიანებული ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობის შეთანხმების მოდელებში, თითოეული ნოდი ზრუნავს იმაზე, რომ თავის სანდოობის სიაში იქონიოს ყველა სანდო ნოდი.

მოწინააღმდეგის მიმართ მედეგობა – ეს არის მთლიანი ქსელის ის წილი, რომელიც შეიძლება აღმოჩნდეს არაკეთილმოსურნის ხელში, მაგრამ ამის მიუხედავად, შეთანხმებაში არაფერი შეიცვალოს. შეთანხმების თითოეულ მოდელებს აქვს მოწინააღმდეგის მიმართ მედეგობის კონკრეტული ზღვარი.

ანალიზი. მოწინააღმდეგის მიმართ მედეგობის მხრივ ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი გააჩნიათ ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობის და გაერთიანებულ ბიზანტიურ ჩავარდნებზე მედეგობის შეთანხმების მოდელებს, ხოლო აქტივების დადასტურების შემთხვევაში, მისი პროცენტულობა იცვლება გამოყენებული ალგორითმის შესაბამისად.

ზემოთ განხილული ცხრილის ანალიზი ცხადყოფს, რომ ბლოკჩეინ სისტემა შედეგება მრავალი ურთიერთდამოკიდებული კომპონენტებისაგან და როდესაც შეგვეძლება პასუხი გავცეთ ისეთ კომპლექსურ კითხვებზე, როგორებიცაა: სისტემისთვის წაყენებული წარმადობა უფრო მნიშვნელოვანია ჩვენთვის, თუ დაცულობა, მასშტაბირებადობა თუ სანდოობა – მხოლოდ ამის შემდეგ უნდა მოხდეს შეთანხმების მოდელების და ალგორითმების შერჩევა.

ლიტერატურა

1. C. Herweijer, D. Waughray, S. Warren. Building Blockchains for a Better Planet. /World Economic Forum, Cologny, Geneva, September 2018, pp 10-11.
2. <https://cointelegraph.com/explained/proof-of-work-explained>
3. <https://blackcoin.org/blackcoin-pos-protocol-v2-whitepaper.pdf>
4. L. Chen, L. Xu, N. Shah, Z. Gao, Y. Lu, W. Shi, On Security Analysis of Proof-of-Elapsed-Time, Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems: /19th International Symposium, Boston, MA, USA, November 5–8, 2017, pp.284-286
5. K. Lei, Q. Zhang, L. Xu, Z. Qi, Reputation-Based Byzantine Fault-Tolerance for Consortium Blockchain, /ICPADS, Singapore, December 2018, pp. 605-606
6. <https://towardsdatascience.com/federated-byzantine-agreement-24ec57bf36e0>

SUMMARY

CONSENSUS MODELS COMPARATIVE ANALYSIS

Kotrikadze K.O. and Kipshidze D.G.

Georgian Technical University

Consensus models used by well-known blockchain platforms are mostly tailored to the specific platform requirements and challenges. For the most part, open platforms reach an agreement between multiple pairs of participants, or nodes using computing power, memory load, which, of course, acts on the performance of the consensus algorithm. On the other hand, the possibility of scaling in closed-platform blockchains is relatively small, but it provides much faster agreement capabilities. When discussing blockchain as a business solution, it is important to consider the size of the network, the connections between network participants, productivity, and security before we decide to use this or another model.

Keywords: analysis, consensus, model, blockchain

ავტომობილის საკიდარში უსარგებლოდ ბაზნეული იმპანიკური ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნის პერსპექტივა

ზივზივადე ო.გ., ზივზივადე ბ.ლ., კაჭახიძე ი.ს., გეგუჩიძე ა.ჭ., პაპიძე ზ.ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

კვლევებით დადგენილია, რომ გზის საფარისგან აღძრული დატვირთვები, რომლებიც საკიდარის გავლით გადაეცემა ავტომობილის ჩარჩოს და შემდეგ ძარას და/ან კაბინას წარმოადგენს საკმაოდ დიდ ენერჯიას [1-3], რომელიც უსარგებლოდ იკარგება და მისი გამოყენება მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ავტომობილის ეკონომიურობას. დაკვირვებებისა და მოძიებული მასალების ანალიზით დადგინდა, რომ უფრო მოხერხებული იქნება ამ ენერჯიის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა და მისი საშუალებით ელექტროაკუმულატორების დამუხტვა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა დანიშნულებით.

ამ მიზნით საკიდარში ამორტიზატორი ჩანაცვლდა ახალი ამორტიზატორ ელექტროგარდამქნელით, რომელსაც შესწევს უნარი არა მარტო ჩანაცვლოს ამორტიზატორი, არამედ საკიდარზე მოსული დატვირთვები გარდაქმნას ელექტრო ენერჯიად. საკიდარში წარმოქმნილი ენერჯია წარმოადგენს კიმეტიკური და პოტენციური ენერჯიების ჯამს და წარმოდგება შემდეგი სახით:

$$P_k + P_p + R = Q \tag{1}$$

სადაც P_k – კინეტიკური ენერჯია; P_p – პოტენციური ენერჯია; R – დისიპაცია (თბური, ხახუნი და სხვა); Q – გზის უსწორმასწორობის დაძლევაზე დაკარგული ენერჯია.

$$P_k = \frac{mv^2}{2} \tag{2}$$

$$P_p = \frac{C}{2 \cdot x^2} \tag{3}$$

$$R = \frac{Kv^2}{2} \tag{4}$$

$$Q = h \cdot \sin(\omega t) \tag{5}$$

სადაც m – ერთ თვალზე მოსული წონა; v – დრეკადი ელემენტის გადაადგილების სიჩქარე; C – საკიდარის დრეკადი ელემენტის სიხისტვა; x – დრეკადი ელემენტის დეფორმაციის სიდიდე; K – საკიდარში ჩამხშობი კოეფიციენტი; h – გზის მიკროპროფილის სიმაღლე; ω – კუთხური სიჩქარე; t – დრო.

მაშინ (1) განტოლება წარმოდგება შემდეგი სახით:

$$\frac{Mv^2}{2} + \frac{C}{2 \cdot x} + \frac{Kv^2}{2} = h \sin(\omega t) \tag{6}$$

ექსპერტების მოსაზრებებით 15÷20 წელიწადში მოსალოდნელია თხევად სავაზე მომუშავე ავტომობილების სრული ჩანაცვლება ელექტრომობილებით, რაც კიდევ უფრო აქტუალურს ხდის ავტომობილის საკიდარს, როგორც ელექტროენერჯიის ალტერნატიულ წყაროს, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ავტომობილის ეკონომიურობას და საინტერესოს გახდის ფართო სამომხმარებლო ბაზრისათვის.

ავტომობილის საკიდარში ახალი ამორტიზატორ ელექტრო გარდამქნელის გამოყენების დადებითი მხარეებია:

- არის ენერჯიის განახლებადი წყარო;
- არ აბინძურებს გარემოს გამონახობლქვი აირებით;
- ამცირებს ელექტროაკუმულატორებზე დამოკიდებულებას;

- ამაღლებს ენერგოუსაფრთხოების დონეს;
- იაფია (უკუგების პერიოდის შემდეგ);
- ავტომობილს აქვს კარგი სვლის სიმდოვრე და იქნება უფრო კომფორტაბელური;
- საკიდრის ახალი ამორტიზატორის ცვალებადი მახასიათებლის გამო კონსტრუქცია არ შედის რეზონანსში;

ქმნის კონკურენციას საავტომობილო ბაზარზე.

თუმცა ამორტიზატორ ელექტრო გარდამქნელიანი საკიდრის გამოყენებას ექნება უარყოფითი მხარეებიც, როგორებიცაა საკიდარის კონსტრუქციის გართულება და მისი ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად ავტომობილის ჩარჩოსთან სპეციალური, სახსრული დამაგრების საჭიროება, მაგრამ აქამდე უსარგებლოდ გაბნეული ენერჯის სასარგებლოდ გამოყენების პერსპექტივა ბევრად უფრო მნიშვნელოვანია და ტექნიკის ფილოსოფიიდან გამომდინარე, ამართლებს ახალი ფუნქციური დანიშნულებით ახალი მოწყობილობის გამოყენების საჭიროებას.

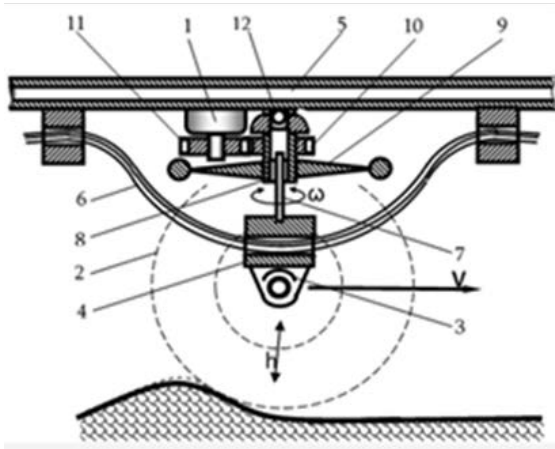
ავტომობილებში ფართოდაა გავრცელებული ავტომობილის საკიდარის ორი ძირითადი ტიპი: რესორული და ზამბარული (ანუ, სპირალურ ზამბარიანი). ამ ორი ტიპის საკიდრებს ურთიერთმიმართ გააჩნიათ უპირატესობები და შესაბამისად — ნაკლოვანებებიც. კერძოდ, რესორული საკიდრები კარგად მუშაობენ დიდ დატვირთვებზე რთულ საგზაო პირობებში (და შემოთავაზებული ავტომობილის ამორტიზატორ ელექტროგარდამქნელიანი საკიდარისათვის ეს მნიშვნელოვანია), როგორც ენერჯის წყაროები, ხოლო ზამბარული საკიდრები კარგად მუშაობენ მცირე დატვირთვებზე — კარგ საგზაო პირობებში (საქალაქო და საქალაქთაშორისო კეთილმოწყობილ გზებზე) და არ წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ენერჯის წყაროებს.

ახლად გამოგონილი ავტომობილის საკიდარის უნიკალური კონსტრუქციული თავისებურებიდან გამომდინარე შედეგით — კერძოდ, ვიბრაციებში ენერჯის გაბნევის მკვეთრი შემცირებით, შემოთავაზებული პროდუქტი მექანიკური რხევების ენერჯიას გარდაქმნის ელექტროენერჯიად მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით; ასევე, ძალური დანადგარი (ელექტრო-გენერატორი და მქნევარა), ჰირსოკოპული ეფექტით, საკიდარში ასრულებს საპირწონის როლს, რითაც განტვირთავს მას განივ-კუთხური და გრძივ-კუთხური რხევებისაგან, ხოლო საყრდენ ზედაპირზე (ავტომობილის ჩარჩოზე) მკვეთრად შეამცირებს ვერტიკალურ რხევებს (ანუ, შეასრულებს ამორტიზატორის ფუნქციასაც), რის შედეგადაც მიიღება სრულიად ახალი პროდუქცია, რაც გარდა იმისა, რომ გაზრდის ავტომობილში ელექტროენერჯის მოხმარების ეფექტურობას, ამავე დროს, გამოიწვევს საკიდარის საექსპლოატაციო ხანგამძლეობის გაზრდას. ამასთან, ავტომობილის ახალი საკიდარის საყრდენის კინემატიკა, კერძოდ ავტომობილის ჩარჩოსთან სახსრული კავშირი, განაპირობებს მის კინემატიკურ დამყოლობას ვერტიკალურ სიბრტყეში, ხოლო მქნევარა და ელექტრო-გენერატორი — დინამიკურ დამყოლობას ცვალებად დინამიკურ დატვირთვებთან შესაბამისობაში. საბოლოოდ კი, დინამიკური დატვირთვების მინიმიზაციის შედეგად, საყრდენს ძირითადად გადაეცემა მექანიკური რხევებიდან ათვისებული ენერჯის რეაქტიული ძალებისაგან გამოწვეული სტატიკური დატვირთვა — ანუ, მქნევარას აჩქარების წინააღმდეგობა, მინიმალური დინამიკური მდგენელით.

კვლევის სიახლეა ავტომობილის ამორტიზატორ ელექტრო გარდამქმნელიანი საკიდარი, რომელიც შეიცავს ელექტრომაგნიტურ გენერატორს, თვლის მორგეზე დამაგრებული დგარის ჩარჩოსთან დამაკავშირებელ დრეკად ელემენტს და მის ასაძრავად დგარსა და ჩარჩოს შორის მოთავსებულ ე.წ. ბზრიალას/ჩიკორს, შესრულებულს ხრახნულ გადაცემაზე (ხრახნი-ქანჩი) დასმული მქნევარას სახით.

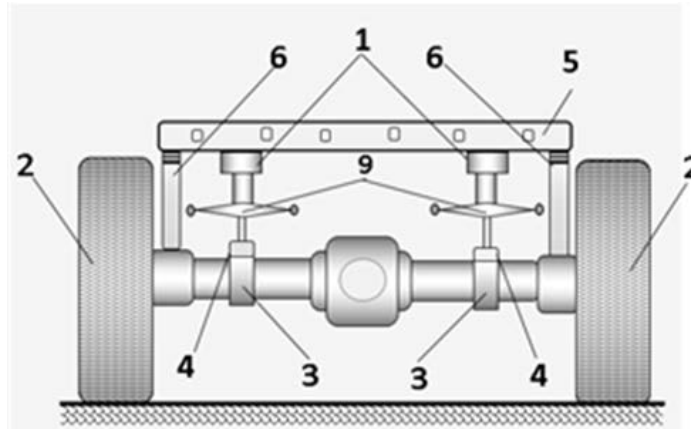
ავტომობილის ამორტიზატორ-ელექტრო გარდამქმნელიანი საკიდარი შეიცავს (ნახ. 1-4) ელექტრომაგნიტურ გენერატორს 1, თვლის 2 მორგეზე 3 დამაგრებული დგარის 4 ჩარჩოსთან 5 დამაკავშირებელ დრეკად ელემენტს 6 (მოცემულ შემთხვევაში, რესორს), მის ასაძრავად დგარსა 4 და ჩარჩოს 5 შორის მოთავსებულ ციბრუტს, შესრულებულს ხრახნულ გადაცემაზე (ხრახნი 7 და ქანჩი 8) დასმული მქნევარას 9 სახით, რომლის ქანჩი 8 დამაჩქარებელი გადაცემით კინემატიკურად (კბი-

ლანების 10 და 11 წყვილით) დაკავშირებულია ელექტრომაგნიტურ გენერატორთან 1, ხოლო ბზრიალას ჩარჩოსთან დაკავშირება შესაძლებელია სახსრით 12.



ნახ.1. ავტომობილის რეკუპერაციული საკიდარი გრძივ ჭრაში:

h – ავტომობილის ვერტიკალური რხევები; ω – მქნევარას წრიული რხევები; V – ავტომობილის გადაადგილების სიჩქარე



ნახ.2. ავტომობილის რეკუპერაციული საკიდარი ფრონტალურ ხედში:

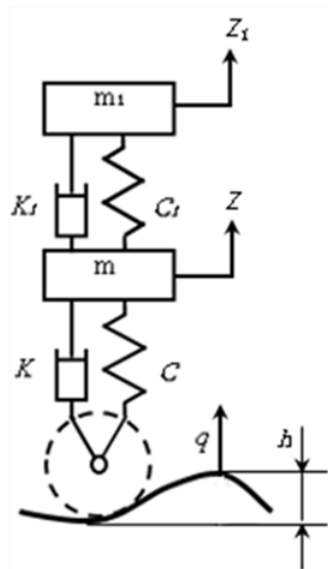
1 – ელექტრომაგნიტური გენერატორი; 2 – თვალი; 3 – უღელაკი; 4 – დგარი; 5 – ჩარჩო; 6 – დრეკადი ელემენტი (რესორი); 7 – ხრახნული გადაცემა მქნევარათი



ნახ.3. რეკუპერაციული საკიდრის საერთო ხედი



ნახ.4. ავტომობილის რეკუპერაციული საკიდრის ფრონტალური ხედი დამაჩქარებელი გადაცემით



ნახ. 5. რეკუპერაციულ საკიდარში რხევითი პროცესების საანგარიშო დინამიკური სისტემის კინემატიკური სქემა

პირველი რიგის ამოცანად დასახულია საკიდრის დრეკად ელემენტში აკუმულირებული ენერჯის სიდიდის დადგენა, რისთვისაც მიზანშეწონილია შეიქმნას საკიდრის ექვივალენტური საანგარიშო სისტემა (მათემატიკური მოდელი). ცნობილია, რომ ავტომობილებში წინა და უკანა ხიდების საკიდრების ურთიერთ გავლენა იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება ისინი განხილულ იქნას დამოუკიდებლად, ცალ-ცალკე. ასევე, ცალ-ცალკე შეიძლება განვიხილოთ მარჯვენა და მარცხენა თვალი და საკიდარი თავისი წონებით, თუკი ჩავთვლით, რომ დარესორებული და დაურესორებული წონები შეყურსულია ერთ წერტილში. ამ დაშვებებით, შესაბამისი კინემატიკური სქემით (ნახ.5) ერთ თვალზე დაყვანილი მერხევი დინამიკური სისტემის მათემატიკური მოდელი აღწერილია მეორე გვარის დიფერენციალური განტოლებების სისტემით:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{z}_1 + K_1(\dot{z}_1 - \dot{z}) + C_1(z_1 - z) &= 0 \\ m \ddot{z} + K(\dot{z} - \dot{q}) + C(z - q) - K_1(\dot{z}_1 - \dot{z}) - C_1(z_1 - z) &= 0 \end{aligned} \tag{7}$$

სადაც m – დაურესორებული მასაა; m_1 – დარესორებული მასა; z – დაურესორებული მასის გადაადგილება; z_1 – დარესორებული მასის გადაადგილება; C – საბურავის სიხისტე; C_1 – საკიდარის სიხისტე; K – საღტის დემფერება; K_1 – საკიდრის დემფერება; q – გზის მიკრო პროფილის ორდინატი.

ჩვენთვის საინტერესოა (7) განტოლება და კერძოდ, ამორტიზატორის მიერ შთანქმული ენერჯია - $K_1(\dot{Z}_1 - \dot{Z})$. თუ მას აღვნიშნავთ N -ით, მაშინ

$$N = K_1(\dot{Z}_1 - \dot{Z}) \tag{8}$$

ამ ენერჯის სიდიდე დამოკიდებულია K_1 ამორტიზაციის კოეფიციენტზე და $(Z_1 - Z)$ – დარესორებული და დაურესორებული მასების გადაადგილებათა სხვაობაზე. ჩვეულებრივ ჩახშობის კოეფიციენტი K_1 ავტომობილების საკიდრებისათვის მუდმივია, გარდა იშვიათი გამონაკლისისა, ანუ იგი ძირითადად დამოკიდებულია $(Z_1 - Z)$ გადაადგილების სიდიდეზე. ხოლო, თუკი დროის ერთეულში შესრულებული ციკლების რაოდენობა იქნება n და სრულ ენერჯიას აღვნიშნავთ $N_{სრ}$ -ით, მაშინ

$$N_{სრ} = n N = n K_1(\dot{Z}_1 - \dot{Z}) \tag{9}$$

სწორედ ამ ენერჯის გარდაქმნაა შესაძლებელი ელექტრო ენერჯიად, თუკი საკიდარში ამორტიზატორის ნაცვლად ჩავაყენებთ ახალ ამორტიზატორ ელექტრო გარდამქმნელს (ნახ.1), რომელიც შეითავსებს ამორტიზატორის ფუნქციასაც და ამავე დროს ამორტიზატორის მიერ შთანქმულ მექანიკურ ენერჯიას გარდაქმნის სასარგებლო ელექტრო ენერჯიად, რომელიც გამოყენებული იქნება სხვადასხვა მიმართულებით: აკუმულატორთა ბატარეების დასამუხტავად, განათების სისტემაში, კონდიციონერებში, რადიო და ტელევიზიის კვებაში და ა.შ. აღნიშნული ამორტიზატორ ელექტრო გაედამქმნელი შესაძლებელია იყოს ორი სახის: ერთი როგორც ზემოთ არის განხილული (ამორტიზატორ ელექტრო გარდამქმნელი) და მეორე, როდესაც როტორი ჩანაცვლდება ჩარჩოთი, რომელიც სტატორში შეასრულებს წინსვლით-უკუსვლით მოძრაობას.

ორივე მათგანს აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. კერძოდ, პირველის, რომლის მუშაობა დამოკიდებულია ბრუნვაზე, მ.კ.კ. იქნება უფრო მაღალი, მაგრამ კონსტრუქციულად იქნება უფრო რთული, ძვირად ღირებული და ნაკლებად ხანგამძლე ექსპლუატაციაში, ასევე იმუშავებს მხოლოდ კუმშვაზე. ხოლო მეორე, რომელიც წარმოდგენილია სტატორში წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობით, მისი მ.კ.კ. იქნება უფრო დაბალი, მაგრამ კონსტრუქციულად იქნება უფრო მარტივი, იაფი

და უფრო ხანგამძლე ექსპლუატაციაში, ასევე იმუშავებს ორივე მიმართულებით, როგორც კუმშვაზე, ასევე აღდგენაზე.

სრულ მექანიკურ ენერჯისა $N_{სრ}$ და გარდაქმნის შედეგად მიღებულ ელექტრო ენერჯის $N_{ელ}$ შორის იქნება შემდეგი დამოკიდებულება

$$N_{ელ} = j N_{სრ} \quad (10)$$

სადაც, j არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დანაკარგებს მექანიკური ენერჯის ელექტრო ენერჯიად გარდაქმნისას.

ამრიგად, შემოთავაზებულია ახალი რეკუპერაციული მოწყობილობა, რომელსაც შესწევს უნარი არა მარტო ჩაანაცვლოს ამორტიზატორი, არამედ საკიდარზე მოსული დატვირთვები გარდაქმნას ელექტროენერჯიად. დამუშავებულია მათემატიკური მოდელი და შედგენილია განტოლებათა სისტემა, რომლის ამოხსნა იძლევა შესაძლებლობას განისაზღვროს ავტომობილის საკიდარში გაბნეული ის ენერჯია, რომელიც უსარგებლოდ იკარგება გარემოში და დადგინდეს, თუ მისი რა ნაწილი გარდაიქმნება ელექტროენერჯიად, რაც წარმოადგენს შემდეგი კვლევის მიზანს.

კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი CARYS-19-2345]“

ლიტერატურა

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972, 392 с.
2. Яценко Н. Н. Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. –М., Машиностроение, 1969, 220 с.
3. კაჭახიძე ისიდორე. მისაბმელიანი ავტომობილის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური რხევების შემცირება რაციონალური საბუქსირე მექანიზმების დამუშავების გზით. დისერტაცია. საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქუთაისი, 2015 წ.

SUMMARY

PROSPECTS FOR CONVERTING MECHANICAL ENERGY WASTED IN THE VEHICLE SUSPENSION INTO ELECTRICAL ENERGY

Zivzivadze O.V., Zivzivadze B.L., Kachakhidze I.S., Geguchadze A.Ch. and Papidze Z.A.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The shock absorber in the suspension has been replaced by a new recuperative device that converts the loads transferred to the suspension from road surface irregularities into electric energy.

Keywords: mechanical energy, car suspension, electric energy.

ANALYSIS OF CODE TESTING AND LONG TERM RELIABILITY FOR INTERNET OF THINGS COMPONENTS

Kvirkvelia Sh.V, Kvernadze S.A. and Beridze J.L.

Georgian Technical University

Abstract. Considering some effects and faults of various electronic components, in long run perspectives, some software for Internet of things devices may prove unreliable. Financially, for some types of devices, making electronics that never fail might be inefficient. When it comes to using higher-level languages for programming microcontrollers, most of the programmers are left confused when sometimes software starts behaving randomly. Hardware faults are not common, but they happen. Sometimes a single hardware fault, in device's transmitter's component, can cause device to lose network connection and stay so until the components are restarted and renegotiated. This paper will try to describe some common aspects of hardware faults and some software solutions to them. Mathematical model for estimation Internet of things of device reliability is also presented.

Keywords: internet, code, model, software, hardware.

1. Introduction

Internet of things is new technology and it has complex architecture consisting of many different parts both hardware and software. The importance of reliability is vital for services offering via Internet of things. The importance of reliability is vital for services offering via Internet of things. Because of structure of nodes and network specific characteristics, software and hardware reliability have close relations. Mostly in research papers they are considered as independent. We present approach and suppose dependency of software and hardware reliability especially device wear out phase. It is also very important to predict or check faults in early phase for this Chebyshev inequality and its confidence probability methods are proposed. For increasing reliability majoring principles are suggested for IOT devices or its vital parts.

2. General software testing types for IOT

Despite the large number of research works that attack specific problems related to the design and development of IOT applications and services, a general software engineering approach is still missing [1]. Custom software require an advanced testing approach, far beyond just simple Workflow debugging. IOT's should be bound, but not limited to the next types of software testing [2]:

- Workflow Testing - Scripted end-to-end testing techniques which simulates specific workflows which are expected to be utilized by the end-user. This kind of testing is necessary for all kind of fields.... it can be both manual and automated.
- Error-Handling Testing - Software testing type which determines the ability of the system to process properly erroneous transactions.
- Interface Testing - Methods to evaluate whether systems or components pass data correctly to one another.
 - Loop Testing - A white box testing technique that check possible program loops.
 - Fault injection Testing - Element of a comprehensive test strategy that enables the tester to concentrate on the manner in which the application under test is able to handle exceptions.
 - Scalability Testing - Part of non-functional testing which tests a software application for measuring its capability to scale up - be it the user load supported, the number of transactions or the data volume.
 - Load Testing - Testing technique that puts demand on a system or device and measures its response. It is usually conducted by the performance engineers.
 - Stability Testing - Testing technique which attempts to determine if an application will crash.
 - Stress Testing - Testing technique which evaluates a system or component at/or beyond the limits of its specified requirements. Useful for evaluating of possible hardware faults
 - Fuzz Testing - Software testing technique that provides invalid, unexpected or random data to the inputs of a program.

- Penetration Testing - Testing method which evaluates the security of a computer system or network by simulating a cyber attack. Usually this is conducted by specialized penetration testing companies.

- Vulnerability/Security Testing - A process to determine that an information system protects data and maintains functionality as intended. Type of testing which regards to application security and has the purpose to prevent problems which may affect the application integrity and stability. This also may include maintenance concepts.

This list may not be complete, but fits in almost every IOT device scenario.

3. Component's Interface fault

Hardware tends to fail. When this happens unexpected dataflow between components at bridge-interfaces may occur. This “unexpected dataflow” can be just some random data stream or even total silence. Due to unexpected data, bad software design may cause whole device to malfunction. Error-Handling Testing comes as crucial prerequisite at end state of Interface coding. While coding Interface logic, we would recommend to always have headers, acknowledgments, timers and CRC error-detecting code no matter what, unless the data is analog or non-diverse... Due to variety of IOT components, negotiation between interfaces are required. Some of the interface's low level protocols are standardized and require just setting the correct parameters. A simple example will be Serial Interface that uses variable bit rates. Serial ports use two-level (binary) signaling, so the data rate in bits per second is equal to the symbol rate in baud [2]. Bit rates commonly supported include 75, 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 9600 and 115200 bit/s. In order to make the interface compatible for both sides, we need to set same baud rates at the interface ends. If for any reason, lets say hardware fault, the baud rate changed on one back end of the interface and didn't change on the other, the communication between the components may fail until next reboot of the device.

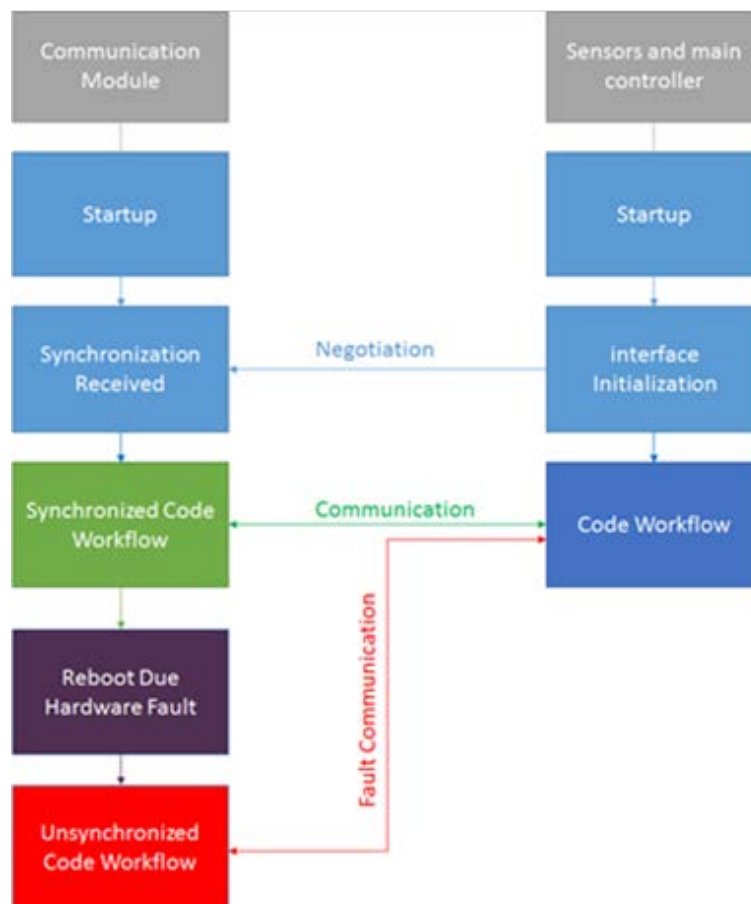


Fig. 1. Common code workflow

Data may be received corruptly. A simple piece of code could fix this, but higher-level language programmer may tend not to keep in mind hardware errors. IOT components are tend to be cheap and some of them don't even have way of programming them, they are precoded. An example would be some Wireless modules that connect to IOT device via interface. In this case negotiation code is required from the programmable backend to communicate with the module. It is important to put renegotiation code as well. It is just in case when Wireless module gets rebooted by accident due to hardware fault, for example, some voltage drop. IOT devices are relatively new and non proprietary. There are common protocols developed with standardization in mind, unfortunately, full standardization still not achieved. When making a device or a system it is important to design robust software that can handle different kinds of hardware problems. Fig. 1 demonstrates a common software workflow. When the components loose synchronization, they stop communicating until device is restarted. This design lacks robustness. Fig. 2 address this issue by adding a synchronization check.

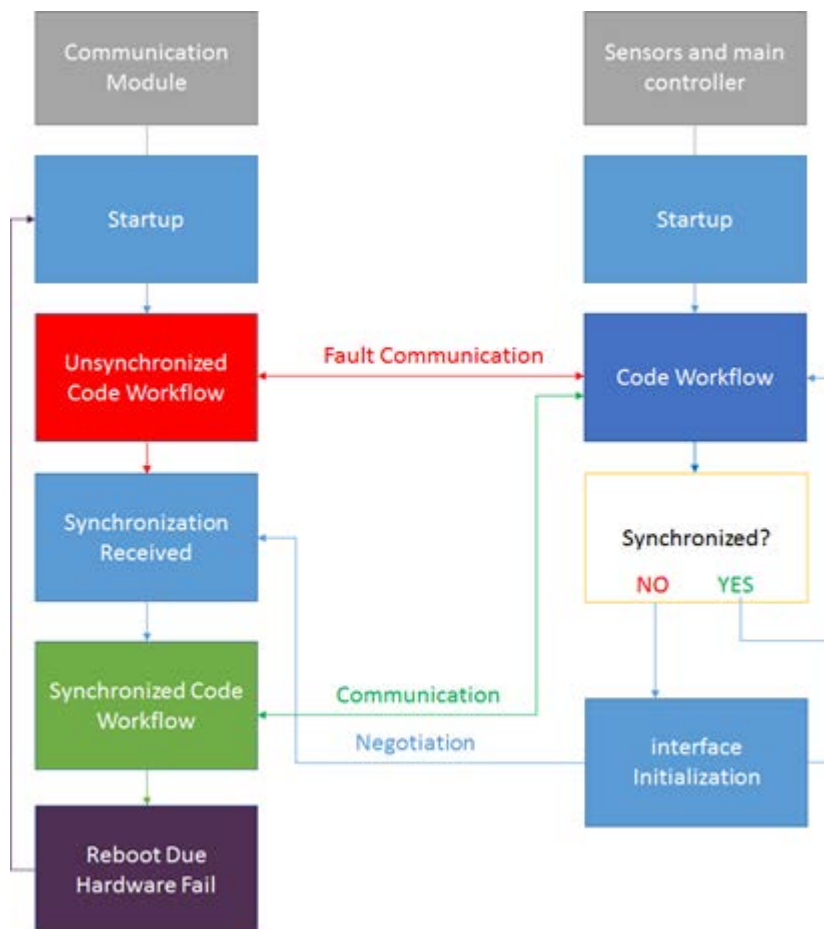


Fig. 2. Robust code workflow

4. Reliability

Software reliability is “the probability of failure-free operation of a computer program for a specific time in a specific environment” [4]. It’s true that hardware don’t fail that frequently, but it may be very annoying when it do. Components tend to wear out and with that the probability of hardware faults increase. Faulty hardware can create an unexpected data for our software to handle. If our code is not robust, software errors may increased as well. Reliability has always been centered on computer hardware, i.e. how durable is a component of a printer, keyboard, etc. yet, the same cannot be said about software systems. Standards of measuring reliability of hardware focus on “wearing out process ses” [5]. When making a device it goes through different lifetime phases. At early development phase, hardware tend to have a good physical condition. Simple Workflow Testing may

be not enough here. If we want our devices reliability to last, we need to **do** different kind of testing. Fig.3 shows dependency between Hardware-software errors and exploitation time.

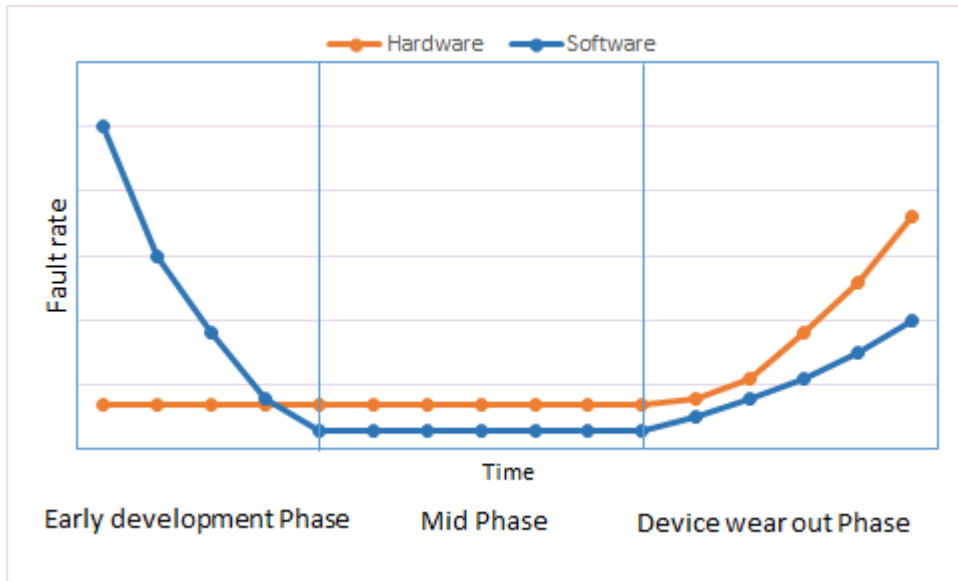


Fig.3. Simple Workflow Testing’s fault results

A fault or bug is a defect in software that has the potential to cause the software to fail. An error is a measured value or condition that deviates from the correct state of software during operation. A failure is the inability of the software product to deliver one of its services[6]. It is important to design a code that will parse any unexpected data with according action. With Fault injection Testing techniques we can simulate errors that don’t happen at early development phase. Making a software that doesn’t rely on hardware state is the key component for reliability. Hardware errors cause extra software errors. The total amount of errors increase and probability of fatal error increase as well. Fig. 4 show how a robust design software’s fault rate should depend on lifetime of a device.

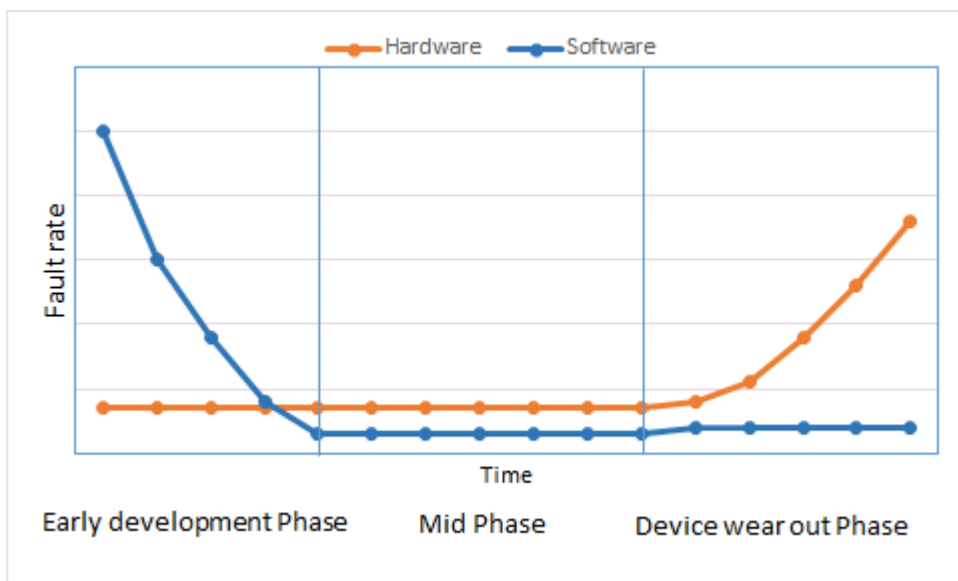


Fig.4. Robust software fault results

Software reliability is a statistical concept, i.e. assuming availability of a large number of identical samples, tests [7]. The mathematical model of reliability gives poor result at low failure rate.

Most models are difficult to use, as they require knowledge of software characteristics that can be calculated only after prolonged use [8]. The accuracy obtained in the statistical process using the example of measuring the probability of error in receiving information, one can estimate using the well-known Chebyshev inequality [9].

$$L \geq \frac{1}{4\Delta p(1-p)} \tag{1}$$

Where L is the required number of experiments $\Delta p = P^{\text{true}} - P^{\text{estimated}}$ Maximum Difference between the true value probability P^{true} of error by its estimation $P^{\text{estimated}}$ (confidence interval); P-The probability of fulfilling the condition $|P^{\text{true}} - P^{\text{estimated}}| \leq \Delta p$ (confidence probability).

Fault rate $\lambda(t)$ is one of most comfortable indicator for hardware device. probability can expressed as [10].

$$p(t) = \exp\left[\int_0^t \lambda(t) dt\right] \tag{2}$$

Software probability is expressed as

$$p(t) = e^{-\lambda(t)} \tag{3}$$

If IOT devices consist n main and m reserved components (both software and hardware) Probability of unmistakable work P(t) can be determined as the probability of that in time t will happen m mistake

$$p(t) = \sum_{k=0}^m C_{m+n}^k P^{m+n-k}(t) [1 - P(t)]^k \tag{4}$$

where k is the number of device normal states.

If we use majoring principles for the IOT devices or vital parts of this device, for l-times majoring and if $m+n=1$, $m=(l-1)/2$ we get absolutely reliable devices and this reliability can be expressed as

$$p(t) = \sum_{k=0}^{\frac{l-1}{2}} C_1^k P^{1-k}(t) [1 - P(t)]^k \tag{5}$$

5. Code Security

Most security exploits come from components receiving data and then parsing it. This kind of data often go into variables, they are called “Inputs”. Compilers and programming modules optimize the software code and change some aspects of its logic, that could be completely different from what a high-level language programmer might expect. Reviewing a code is always good idea, but for security reasons Fuzz Testing is essential. Testing should be implemented on every single Input in your program. Another aspect of security would be possibility to remotely listen for sensitive, private data that are transmitted over public channels. This part of IOT is relatively more standardized and only require implementation. Hashing and encrypting critical data is essential. Testing of this part is usually only conducted by specialized penetration testing companies and is irrelevant for general IOT device’s software design. Custom implementations is possible, but highly unadvisable.

6. Conclusion and future works

This paper attempts to analyse, predict and show software and hardware relationship for internet of things devices. More applicable software testing types for internet of things is listed. As case some hardware and network problems that we think influence on software reliability is analyzed. Simple Workflow Testing’s fault and Robust software fault results graphs for early development, mid and device wear out phases are presented.

For future we are going to develop algorithm for fast and early detection software, hardware and correlated faults. As a base for this algorithm we consider Chebyshev inequality and combinatorial probability mathematical model as little was presented in our current work.

REFERENCES

1. Franco Zambonelli Towards a Discipline of IOT-Oriented Software Engineering <http://ceur-ws.org/Vol-1664/w1.pdf>
2. <https://www.guru99.com/types-of-software-testing.html>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_port#Settings
4. Musa, J. Software Quality and Reliability Basics. AT&T Bell Laboratories. 1987, 1 (1), pp. 114-115.
5. Elspas, B; Green, M; Levitt, K. Software Reliability. Computer Science Group. 1 (1), 2006, pp.1-7.
6. Cobra Rahmani, Harvey Siy, Azad Azadmanesh An Experimental Analysis of OpenSource Software Reliability* <https://pdfs.semanticscholar.org/1264/9d0ca9cc0101b6b3573d9c389f631dbd9ab8.pdf>
7. E. P. Pavlenko, V. A. Aivazov. Indicators and methodology for assessing the reliability of the software of information systems. //Scientific Journal «ScienceRise» №5/2(34)2017.
8. Xunov T.X. Analysis of reliability prediction models software tools. New Information Technologies in Automated Systems, 2016.
9. Mikhailov G.A., Voytishchik A.V. Numerical and Statistical Modeling: Methods of Monte Carlo -M.: Academy 2006, 370 p. (Russian Edition).
10. Goriachevi A., Shikevich A. Microprocessors, Information-computing systems. -Tbilisi, Ganatleba, 1989, 150 p.

РЕЗЮМЕ

АНАЛИЗ ТЕСТИРОВАНИЯ КОДА И ДОЛГОВРЕМЕННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ДЛЯ КОМПОНЕНТОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Квирквелиა შ.В., Квернадзе С.А., Беридзе Дж.Л.

Грузинский Технический Университет

В соответствии с некоторыми эффектами и неисправностями различных электронных компонентов, в дальнейшей перспективе, некоторое программное обеспечение Интернета Вещей может оказаться ненадежным. В финансовом плане, для некоторых типов устройств, создание электроники, которая никогда не портится, может быть неэффективным. Когда доходит до использования высокого уровня программирования микроконтроллеров, большинство программистов в недоумении, поскольку программное обеспечение начинает вести себя случайным образом. Неисправности физических устройств происходят не часто, однако имеют место. Иногда, одна физическая неисправность в компоненте передатчика устройства может вызвать потерю сети, и оставаться в этом режиме до тех пор пока компоненты не будут перезапущены, и не произойдет процесс переговоров. В этой статье попробуем описать некоторые аспекты физических неисправностей и решения посредством программного обеспечения, также присутствует математическая модель оценки Интернета Вещей устройства надежности.

Ключевые слова: Интернет, код, модель, программное обеспечение, аппаратура.

მხეიძე თ.რ., ჭოსონელიძე გ.ი., ბაშარ მ. ამენ აბდულლაჰ ალ-იმამ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველო წარმოადგენს რთული გეოგრაფიული რელიეფის მქონე ქვეყანას, სადაც ახალი მიწების ათვისება, მაგისტრალური სატრანსპორტო გზების, სამრეწველო და საცხოვრებელი კომპლექსების მშენებლობა და ა.შ. ხშირად ფერდობებზე და კალთებზე ხორციელდება, სადაც ადგილი აქვს გრუნტის ცოცვადობით გამოწვეულ ბუნებრივ გადაადგილებებს და მეწიერულ მოვლენებს. ამიტომ მათი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად საჭირო ხდება სხვადასხვა ტიპის შემაკავებელი და დამცავი კონსტრუქციული სისტემების მოწყობა. არსებობს ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც აკონტროლებენ დედამიწის ზედაპირზე მომხდარი მეწიერის ტიპს: ფერდობის გრადიენტი მანვენებელი, ფერდობების კონსოლიდაცია, წყალი, სიმაღლე და ა.შ. [1,2].

საქართველოში მრავალი კვლევაა ჩატარებული მეწიერული რისკის შესაფასებლად.

ქ. თბილისის რელიეფის გეომორფოლოგიური ფორმები დაკავშირებულია თრიალეთის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ქედის დაბოლოებასთან, რომელიც მცირე კავკასიონის რთული მთიანი ჯაჭვის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. მდ. მტკვარი ორ ნაწილად ყოფს უფრო ამადლებული მარჯვენა სანაპიროდ და მნიშვნელოვნად დადაბლებული მარცხენა სანაპიროდ. მარჯვენა სანაპირო ხასიათდება უმთავრესად მიმართულების ამადლებებისა და დეპრესიების მონაცვლეობით. მარცხენა სანაპირო მორფოლოგიით მკვეთრად განსხვავდება მარჯვენა სანაპიროსგან. ხასიათდება უფრო რბილი რელიეფით [3].

თბილისის და მისი შემოგარენი მნიშვნელოვანი სიმძლავრის დანალექ-ფლიშური და ვულკანოგენური ნალექებითაა წარმოდგენილი. ქვედა ეოცენი – მიეკოთენება აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემას, ნალექები წარმოდგენილია თხელშრეებრივი დევეროლითების, ალევროლითების, ალევრელითური თიხების, და ა.შ. შუა ეოცენური ნალექები თბილისის ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში თელეთისა და სეიდაბადის ქედების აგებულებაში მონაწილეობენ, ამ ნალექების კარგი ჭრილები გვხვდება დაბახანის ხეობაში, ავლაბრის სერებზე და მეტეხის ხიდთან. ზედა ეოცენი გავრცელებულია თბილისის ტერიტორიაზე. საკვლევ რაიონში გავრცელებული ზედა ეოცენური ნალექები ორ წყებად იყოფა, ნავთლულის ბითუმის შემცველი წყება, ანუ ქვედა თევზებიანი პორიზონტი პირველი წყება ხასიათდება თხელშრეებრივი ალევროლითების, წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების და ა.შ. ნუმილიტიანი, ანუ თბილისის წყება. ზედა ეოცენური ნალექების მეორე შემადგენელი ერთეული „ნუმილიტიანი თბილისის“ წყება კარგად არის წარმოდგენილი მამადავითის მთაზე [3].

აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ რომ ქ. თბილისის ეკუთვნის მთაგორიან სისტემას და ბუნებრივია, რომ მეწიერული პროცესების განვითარების ყოველგვარი წინაპირობებია.

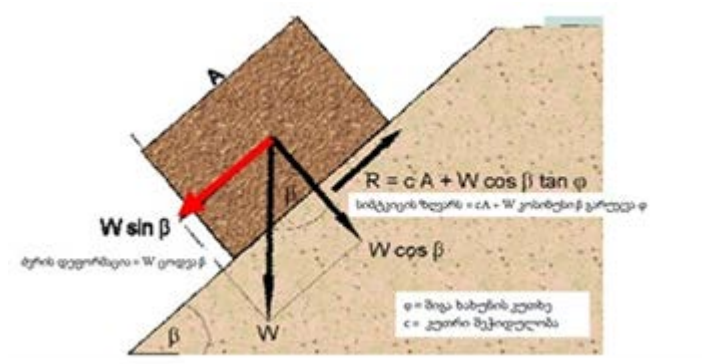
დიდ დილოში მუხათვერდის მეწიერი განვითარდა მუხათვერდის სასაფლაოსკენ მიმავალ გზაზე. დიდი დილმის დეპრესიის აღმოსავლეთის მხრიდან ფრაგმენტულადაა გავრცელებული მდინარე მტკვრის მარჯვენა ნაწილზე წყალზედა პირველი ტერასა.

ვინაიდან მეწიერული სხეული ძირითადად თიხაფიქლებისგან არის წარმოდგენილი. მათი პლასტიკურობის რიცხვი 17-ზე მეტია, რაც სასტანდარტის ნორმებით თიხებს მიეკუთვნება. თიხური ფრაქცია ჰიდროქარსებითა და მონტმორილონიტით არის წარმოდგენილი. ბუნებრივ პირობებში, ზედა ზოლში თიხაფიქლების გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები – შიგახახუნის კუთხე (Φ) იცვლება $(16-18)^{\circ}$ ფარგლებში, ხოლო კუთრი შეჭიდულობა (C) შეადგენს $(0,10 - 0,32)$ კგ/სმ². ქვედა ზოლში კი აღნიშნული მაჩვენებლები ასეთია: $\Phi = (5 - 12)^{\circ}$, $C=(0,10 - 0,15)$ კგ/სმ². თიხაფიქლები ხასიათდება მაღალი კუმშვადობის კოეფიციენტით და დეფორმაციის მოდულის დაბ-

ლი მნიშვნელობით. ეს მონაცემები ნათლად მიუთითებს, რომ სველი თიხაფიქლები საერთოდ თავისი თვისებებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს [4].

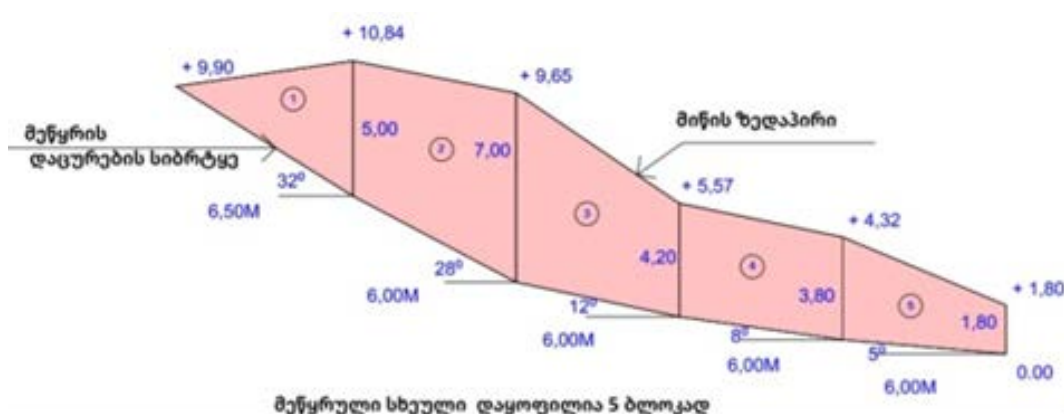
მეწყრის წარმოშობა ყოველთვის დაკავშირებულია წყლის მოქმედებასთან. ჩვენ შემთხვევაშიც მეწყრის წარმოქმნა ძირითადად გამოწვეულია წყლის მოქმედებასთან. ხშირია შემთხვევები, რომ ფერდობის დაქანება ხელოვნურად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. ამრიგად, ფერდობის ქანების გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყრის წარმოქმნა.

ტერმინი „მეწყერი“ გამოიყენება მრავალფეროვანი პროცესების აღსაწერად, რაც იწვევს ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის გადაადგილებას როდესაც ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის ძვრის დეფორმაცია აჭარბებს სიმტკიცის ზღვარს (ნახ. 1) [5].



ნახ.1. ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის ძვრის დეფორმაციის დამოკიდებულება სიმტკიცის ზღვარზე

დიდი პრაქტიკული გამოყენებით სარგებლობს „ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი“, რომელიც სამეცნიერო ლიტერატურაში ცნობილია როგორც მასლოუბერერის მეთოდი. ეს მეთოდი მდგომარეობს შედეგში: მოსალოდნელ მეწყრულ მასივს ყოფენ ცალკეულ ნაკვეთურებად და განიხილავენ თითოეული ნაკვეთურის ზღვრული წონასწორობის პირობას. ადგენენ დამჭერი და მძვრელი ძალების სიდიდეს თითოეული ნაკვეთურისათვის და შემდეგ მთელი მასივისათვის. დამჭერი და მძვრელი ძალების ფარდობა მოგვცემს ფერდობის მდგომარეობის მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტს (ნახ. 2).



ნახ. 2. მეწყრული სხეულის დაყოფა

მეთოდის გამოყენების პრინციპი მკაფიოდ იკითხება მისი საანგარიშო სქემიდან, რომელიც წარმოდგენილია რომ:

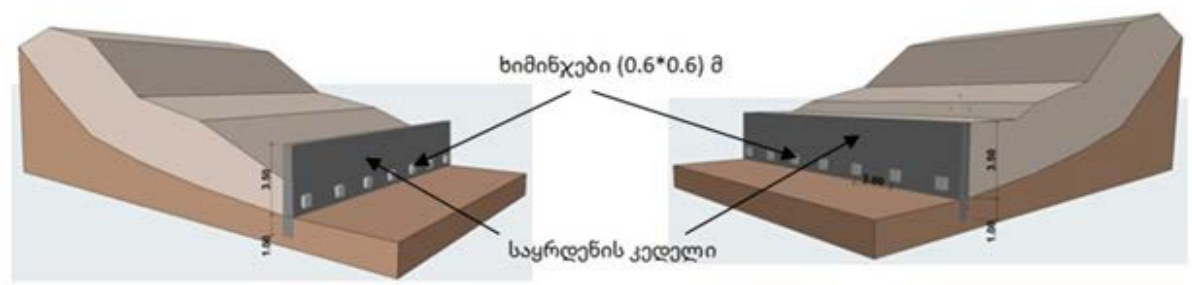
$$H = g \operatorname{tg} \alpha$$

$$T = H - E = g [\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \Psi)]$$

$$K = [\sum T_i / \sum \pm H_i]$$

სადაც, K არის ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი; T – ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალების მნიშვნელობა ყოველი ბლოკისათვის გადაადგილების ზედაპირზე; H – განბრჯენი, რომელიც გამოითვლება ყოველი ბლოკისათვის; E – განბრჯენის მდგენელი; g – საანგარიშო ბლოკის მასა; α – ფერდობის ნაკვეთურის ძირის (ფუძის) დახრა ჰორიზონტთან; Ψ – ძვრის კუთხე; c_i , ϕ_i – შესაბამისად გრუნტის მასივის შეჭიდულობის და შიგა ხახუნის კუთხის მნიშვნელოვანი ნაკვეთურის ძირზე [6].

რაც ნიშნავს, რომ მეწყერი არამდგრადია და იგი მოითხოვს მეწყერული მასის ადგილზე გამაგრებას მასის თვისებების გაუმჯობესებით. მეწყერული ფერდობის გამაგრებასთვის, რომ სტაბილურობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია, შემდეგ ახალი ტიპის საყრდენის კედლის მოდელი გამოვიყენეთ. (საყრდენის კედლის ზომა, + 3,5 მ სიმაღლე, საყრდენის კედლის სიგანე ზემოდან არის 0,5 მ და ქვემოდან 0,6 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5,0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0,6*0,6) მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 3,0.



ნახ.3. საყრდენი კედლის მოდელი

ჩვენ გამოვთვალეთ საყრდენი კედლის სტაბილურობა როგორც მოცურების სტაბილურობა და გადატრიალების სტაბილურობა, და დავადგინეთ, რომ მოცურების სტაბილურობის უსაფრთხოების ფაქტორი არის 1,38 და უსაფრთხოა, ხოლო გადატრიალების სტაბილურობის ფაქტორი – 1,27 და უსაფრთხოა. უსაფრთხოების ნორმალური ფაქტორია 1,25 – 2. ფერდობის სტაბილურობის კოეფიციენტი გაიზარდა 0,77-დან 1,32-მდე და ეს უფრო მეტია (1,0), ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის სტაბილურობა ახლა უსაფრთხოა ცხრილი 1 და 2.

მოცურების სტაბილურობის დამაგრების კედლის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალურმა ხიმინჯები დაამატა 4,32 ტ, როგორც წონა და 15,46 ტ, როგორც ხახუნის ძალა ნიადაგსა და ხიმინჯების შორის, ეს ნიშნავს, რომ გაზრდის ძალების წინააღმდეგობას საყრდენი კედლის გამაგრების 44,7% წინააღმდეგობის მთლიანი ძალებიდან, და საყრდენი კედლის გადატრიალების სტაბილურობის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯების დაამატა წინააღმდეგობის მომენტი საყრდენი კედლის გადატრიალების სტაბილურობის 9,44 ტ.მ (ხახუნსა და ნიადაგს შორის ხახუნა) და 4,75 ტ.მ (ჰორიზონტალური ხიმინჯების დატვირთვა) და 3,56 ტ.მ (ვერტიკალური ტვირთი ხიმინჯზე), ეს ნიშნავს, რომ მომენტები გაზრდის გადატრიალების სტაბილურობის საყრდენის კედლი, დაახლოებით 87%.

ცხრილი 1. მუხათგვერდის მეწყერის კოეფიციენტი საანგარიში ცხრილი (სიმჭიდროვე) $\gamma=1,8$ ტ/მ³; (გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე, გრადუსებში) $\phi = 6^\circ$; (გრუნტის კუთხური შეჭიდულობა) $C=0,1$ კგ/სმ²

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა მ ³ ,	ბლოკის წონა ტ= გ	ბლოკის დახრა, α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan\phi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	(6,5×5)/2	16,25	29,25	32	00,62	18,14	0,06	0,17	9,65	22,35	0,410	11,99
2	((5+7)/2)×6	36,00	64,80	28	00,53	34,34	0,08	0,19	11,76	16,24	0,290	18,79
3	((7+4,2)/2)×6	33,60	60,48	12	00,21	12,70	0,11	0,22	12,41	-0,41	-0,007	-0,42
4	((4,2+3,8)/2)×6	24,00	43,20	8	00,14	6,05	0,17	0,28	15,64	-7,64	-0,130	-5,62
5	((3,8+1,8)/2)×6	16,80	30,24	5	0,09	2,72	0,23	0,34	18,78	-13,78	-0,250	-7,56
						73,95						17,18
$K = (H-E)/H = (73,95-17,18)/73,95 = 0,77 < 1,0$ არ არის უსაფრთხო												

ცხრილი 2. მუხათგვერდის მეწყერის კოეფიციენტი საანგარიში ცხრილი საყრდენი კედლის სიმაღლე = + 3,5 მ (სიმჭიდროვე) $\gamma=1,8$ ტ/მ³; (ძვრის დაბეების რეზისტენტობის) $\phi = 6^\circ$; (გრუნტის კუთხური შეჭიდულობა) $C=0,1$ კგ/სმ² .

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა, მ ³	ბლოკის წონა ტ= გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan\phi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	(6,5×5)/2	16,25	29,25	32	0,62	18,14	0,11	0,22	12,41	19,56	0,36	10,53
2	((5,00+6,66)/2)×4,4	25,65	46,17	28	0,53	24,47	0,11	0,22	12,41	15,59	0,28	12,93
3	((6,66+6,15)/2)×1,6	10,25	18,45	0	0	0	0,17	0,28	15,64	-15,64	-0,28	-5,17
4	((6,15+2,07)/2)×6	24,66	44,39	0	0	0	0,25	0,36	19,80	-19,80	-0,36	-15,98
5	((2,07+0,82)/2)×6	8,67	15,61	0	0	0	0,72	0,83	39,69	-39,69	-0,83	-12,96
6	(0,82×1,95)/2	0,80	1,44	0	0	0	2,06	2,17	65,26	-65,26	-2,17	-3,12
						42,61						-13,77
$K = (H-E)/H = (42,61-(-13,77))/42,61 = 1,32 > 1,0$ ის არის უსაფრთხო												

დასკვნები

- ქ. თბილისი გეომორფოლოგიურად წარმოადგენს მთაგორიანი ქვეყნის ნაწილს და ამიტომ, როგორც ყველა მთაგორიან წვეყანაში, მეწყრული პროცესები საკმაოდ არის განვითარებული.
- ქ. თბილისში მეწყრული პროცესების განვითარების ძირითადი მიზეზი ტექნოგენური წყლებია. ამიტომ მეწყრულ ზონებში მკაცრად უნდა იქნეს დაცული ტერიტორიები ტექნოგენური წყლებისგან.
- საყრდენი კედლის გამოყენება მეწყერის კოეფიციენტს გაზრდის 0,77-დან 1,32-მდე და გახდება უსაფრთხო.

ლიტერატურა

1. Ancuța R., Daniel O. and Paulică R. Analysis of the Landslide Movements. //International Journal of Geology, Issue 3, Volume 1, p.71, 2007.
2. თ. თავაძე. ფერდობის და კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფის საინჟინრო გადაწყვეტები. თბილისი, სტუ, დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად, 2014.
3. ნ. ბახტაძე. შენობის ფუძის გაძლიერება დაწნევა-შეწნევის მეთოდით. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, სტუ, 2014.
4. Bowles Joseph E. Foundation analysis and design, ifth edition, McGraw-Hill , 1997, pp. 29-35.
5. Cruden, D.M. A simple definition of a landslide. /Bulletin International Association for Engineering Geology, 43: 27-29 , 1991.
6. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. (Оползни и борьба с ними). - М.: Стройиздат, 1977, сс. 266-269.

SUMMARY

SUPPORT OF LANDSLIDE SLOPES USING A NEW TYPE OF RETAINING WALL

Mkheidze O.R., Chokhoniidze G.I. and Bashar M.Ameen Abdullah Al-Imam

Georgian Technical University

Tbilisi city and its surroundings are a geologically divided territory, in which the river Mtkvari located in the middle of the city. Mukhatgverdi landslide developed in Didi Digomi on the way to Mukhatgverdi cemetery. Landslide origin is always related to the action of water. Thus the increase of slope rocks and the activation of surface waters led to the formation of the Mukhatgverdi landslide. When a landslide is unstable and it requires the landslide mass to be support by improving the mass properties. To support the landslide slope with a stability coefficient of less than 1, we used a new type of retaining wall model. The landslide slope stability has increased from 0.77 to 1.32 and became safe.

Keywords: landslide, retaining wall, model.

მათემატიკური მოდელირების ინტეგრირება საავიაციო უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის

ალანია დ.დ.

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

საავიაციო უსაფრთხოება განისაზღვრება, როგორც ავიაციის საქმიანობაში უკანონო ჩარევისაგან დაცულობის მდგომარეობა. უკანონო ჩარევა ავიაციის საქმიანობაში [1] – უკანონო ქმედებები (უმოქმედობა), საფრთხეს უქმნის საავიაციო საქმიანობას, რის შედეგადაც ხდება ავარიები, ადამიანის სიცოცხლის ხელყოფა, ქონების დაზიანება, თვითმფრინავის გატაცება ან ამგვარი შედეგების საფრთხე.

თუ საავიაციო უსაფრთხოებას განვიხილავთ, როგორც სამეცნიერო კვლევის საგანს, უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემულ ეტაპზე ორიენტირებული ვიქნებით საავიაციო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრობლემაზე, ანუ კვლევის საგანია უზრუნველყოფის საშუალებები (ტექნიკური, ეკონომიკური, სამართლებრივი, რესურსი და სხვა).

ბოლო წლების ტენდენციას წარმოადგენს საავიაციო უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საკითხები განიხილებოდეს მისი დონის ოპტიმალური მართვის თვალსაზრისით, მიღებული დავალებების იდენტიფიცირების თანამიმდევრული გადაწყვეტით და გაზომვით. ამ მიმართულებით მიღებული შედეგების ანალიზი ცხადყოფს ფორმალიზაციის პრობლემაზე [2] გადასვლის აუცილებლობას, რომელსაც უზრუნველყოფს მათემატიკური მოდელირება საავიაციო უსაფრთხოების მართვის პროცესის ოპტიმიზაციის მიზნით.

ამისათვის კვლევაში, საავიაციო უსაფრთხოება ნაჩვენებია, როგორც რაღაც მდგომარეობა, რომელიც უკავშირდება საკვლევი ობიექტის გარკვეულ პარამეტრებს, რომელთა რაოდენობრივი მაჩვენებელი დინამიკაშია გარე და შიდა ფაქტორების გავლენით.

უსაფრთხოების სხვადასხვა დეფინიციის მთლიანობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ის ასოცირდება ორ კონცეფციასთან – მდგომარეობასთან და რისკთან [3]. მდგომარეობის ცნება დაკავშირებულია საკვლევი ობიექტის გარკვეულ პარამეტრებთან, რომელთა რაოდენობრივი ასახვა მათი ცვლილების დინამიკაში, გარე და შიდა ფაქტორების გავლენით, ობიექტის ფუნქციონირების თვალსაზრისის გათვალისწინებით, მისაღებ საზღვრებში რჩება. ამავე დროს, გარემო ფორმირდება ობიექტების დაცვის საშუალებით, რომლებიც წარმოადგენს ტექნიკური და სხვა ფუნქციონალური ელემენტების გარკვეულ ნომეკლატურას [4], რომლებიც უზრუნველყოფენ შიდა და გარე საფრთხეების გამკლავებისთან დაკავშირებულ დავალებების შესრულებას.

დაცვის ობიექტის მდგომარეობის რაოდენობრივი გამოსახვა საავიაციო უსაფრთხოების თვალსაზრისით წარმოადგენს მოწყველადობის ცნებას, რომელიც თავის მხრის წარმოადგენს საჰაერო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურის ობიექტების [5] უსაფრთხოების ხარისხს და შეფასებულია, როგორც დაცვის მახასიათებლების შესაბამისობა დადგენილ მოთხოვნებთან. ასევე ცნობილია თვისებების ცნება, რომელიც განიხილება, როგორც თანდაყოლილი მახასიათებლების, მოთხოვნებთან შესაბამისობის ხარისხი. ამ შემთხვევაში შეიძლება ითქვას, რომ საგნის უსაფრთხოების მახასიათებლების ხარისხი, გარკვეული შეზღუდვებით და შეიძლება განისაზღვროს, როგორც მოწყველადობის საპირისპირო სიდიდე.

აქედან ვაკეთებთ მნიშვნელოვან დასკვნას: საჰაერო ტრანსპორტის ინფრასტრუქტურის ობიექტების დაცვის ხარისხი არის გარემოს პარამეტრი, რომელიც უზრუნველყოფს ობიექტის დაცვას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, არსებობს სამოქალაქო ავიაციის ობიექტების დაცვის გარკვეული წარმოსახვითი ველი, რომელიც უზრუნველყოფს წინააღმდეგობის გაწევას არსებული ან სავარაუდო საფრთხეების მთლიანობასთან, რომლის კონტროლირებადი პარამეტრი არის დამცავი საშუალებების ხარისხი.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ ეტაპზე დგება საკითხი – მათემატიკური მოდელირებით [6], შესაძლებლობების შეფასების გათვალისწინებით

გამოყენებულ იქნეს ავიაციის საქმიანობაში უკანონო ჩარევების საწინააღმდეგო პარამეტრების ფორმულირებისათვის.

შემოთავაზებული მოდელი განეკუთვნება კიდურა ამოცანების კლასს, რომელიც აღიწერება დიფერენციალური განტოლებებით კერძო წარმოებულებში. უნდა აღინიშნოს, რომ ამოცანის შემოთავაზებული ლინგვისტური დაყენება და მითუმეტეს, მოწვევადობის სტრუქტურულ-ლოგიკური მოდელი, საკმაოდ არასრულყოფილია და არ ასახავს რეალურად არსებული ფიზიკური პროცესების გარკვეულ ნიუანსებს საავიაციო უსაფრთხოების დარგში. ამასთან, ზოგადად, რაიმე მოდელის არარსებობის გარდა, ამოცანის ასე დაყენება შეიძლება მივიღოთ ფორმალიზაციის ეტაპის დასრულების მოდელის დაზუსტების პირობის დროს.

ზემოთ გადმოცემულიდან გამომდინარე, მოცემულ ეტაპზე დგება კიდურა ამოცანების თეორიის მათემატიკური ანალიზის [7] ამოცანა, უკანონო ჩარევისგან სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ობიექტის დაცვის ველის პარამეტრების ფორმალიზაციისთვის, მისი გამოყენების შესაძლებლობების შეფასების მიზნით.

კიდურა ამოცანების თეორიის მათემატიკური აპარატი მოიცავს მათემატიკური მოდელების პრაქტიკულად ამომწურავ ჩამონათვალს სხვადასხვა ფიზიკური პროცესის ფორმალური წარმოდგენისთვის.

ქვემოთ წარმოდგენილია ზოგიერთი მიდგომა კიდურა ამოცანების ანალიტიკური ამოხსნის მიმართ. ჩავწეროთ დიფერენციალური განტოლება ოპერატიული სახით:

$$A(\varphi) = p\Omega \text{ არეში} \quad (1)$$

სადაც A – ხაზოვანი დიფერენცირებული ოპერატორია.

განტოლების ამოხსნა უნდა აკმაყოფილებდეს ოპერატიულ კიდურა პირობებს:

$$B(\varphi) = r \text{ მ საზღვარზე} \quad (2)$$

ავაგოთ $\hat{\varphi}$ აპროქსიმაცია φ ამოხსნისთვის დაშლის სახით:

$$\varphi = \hat{\varphi} = \psi + \sum_{m=1}^M amNm \quad (3)$$

სადაც Nm , $m = 1, 2, \dots, M$ – ხაზოვანად დამოუკიდებელი ბაზისური ფუნქციები, ამასთან $B(Nm) = 0$, $m = 1, 2, \dots, M$ მ-ზე.

Ψ ფუნქცია აკმაყოფილებს (2) მოსაზღვრე პირობებს $B(\psi) = r$ მ-ზე;

am , $m = 1, 2, \dots, M$ - ზოგიერთი პარამეტრი, რომელიც იანგარიშება ისე, რომ კარგი მიახლოება მივიღოთ.

რამდენადაც (3) აკმაყოფილებს კიდურა პირობებს, აპროქსიმაციის მისაღებად აუცილებელია გარატი, რომ $\hat{\varphi}$ წარმოდგენს განტოლების მიახლოებით ამოხსნას. ჩავიწეროთ განსხვავება, A ოპერატორის ხაზოვანების გათვალისწინებით:

$$R\Omega = A\hat{\varphi} - p = A\hat{\varphi} + \sum_{m=1}^M amANm - p \quad (4)$$

(4) ნულოვანი გასნხვავების მისაღებად ყველგან Ω ამოხსნის არეში გამოიყენოთ შეწონილი განსხვავების მეთოდი

$$\int_{\Omega} WIR\Omega d\Omega = \int_{\Omega} WI \left\{ A\psi + \sum_{m=1}^M amANm - p \right\} d\Omega = 0, \quad I = 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

სადაც W , $I = 1, 2, \dots, M$ – ხაზოვანად დამოუკიდებელი შეწონილი ფუნქციები.

გამოსახულება (5) აღწერს ხაზოვანი აღგებრული განტოლებების სისტემის განტოლებებს.

αm . ეს სისტემა შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით

$$Ka = f,$$

სადაც K – მატრიცა ელემენტებით $K_{im} = \int_{\Omega} WIANmd\Omega$, $1 \leq i, m \leq M$, f – ვექტორი

ელემენტებით $f_i = \int_{\Omega} \Omega Wipd\Omega - \int_{\Omega} \Omega WiA\Psi d\Omega$ $1 \leq i, m \leq M$; a - საპოვნი ვექტორი.

უმეტეს შემთხვევებში კიდურა ამოცანების ამოხსნის ანალიტიკურ მეთოდებს გააჩნია შეზღუდული გამოყენება. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება რიცხობრივი მეთოდები. ჩვენს ამოცანასთან მიმართებაში, როცა ამოხსნის საფუძველში დევს მათ შორის ევრისტული პროცედურები, შეიძლება ვისაუბროთ მხოლოდ ამოხსნის რაღაც კომბინირებულ მეთოდზე, მათ შორის, გადაწყვეტილებების მიღებისა და კიდურა ამოცანების თეორიასთან ერთობლიობაში ექსპერტიზის მეთოდებზე.

წარმოდგენილი კვლევა გვიჩვენებს სამოქალაქო ავიაციის ობიექტების უკანონო ჩარევისგან დაცვისა და საფრთხის ჰიპოთეზური ველების ფორმალიზაციისა და მოდელირების პრინციპულ შესაძლებლობას კერძო წარმოებულებში კიდურა ამოცანების თეორიის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით. თუმცა, ამასთან, ჩნდება მათემატიკური და მეთოდოლოგიური პრობლემები, რაც უკავშირდება აღნიშნული ველების პარამეტრების ზუსტი იდენტიფიკაციის დაუძლეველ სირთულეს. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია ევრისტული პროცედურების გამოყენება. მაშინ დგება საკითხი ევრისტული პროცედურების საკმაოდ ზუსტ მოდელებში კორექტულად ჩასმის თაობაზე, რაც აღიწერება დიფერენციალური განტოლებებით კერძო წარმოებულებში, რასაც, სავარაუდოდ, მიუყავართ მოდელებისა და რეალური პროცესების გარკვეულ არაადექვატრობამდე. ასეთ შემთხვევაში უპრიანია კომპლექსური მიდგომის განხილვა, გადაწყვეტილებების მიღების თეორიის, საექსპერტო მეთოდებისა და კიდურა ამოცანების თეორიის გამოყენებით.

ლიტერატურა

1. http://www.orenipk.ru/kp/distant_vk/docs/2_1_1/inf/inf_form.html
2. <https://www.icao.int/Security/Pages/default.aspx>
3. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/avia_if_esms.htm
4. Giuseppe Bruno. Andrea Genovese. A Mathematical Model for the Optimization of the Airport Check-In Service Problem. Electronic Notes in Discrete Mathematics 36:703-710. August 2010. DOI: 10.1016/j.endm.2010.05.089
5. Esteve Codina. Angel Marin. A mathematical programming model for the evaluation and design of airport configuration. February 2010. http://www.optimization-online.org/DB_FILE/2010/02/2551.pdf
6. <https://stumejournals.com/journals/mm/2019/2/70.full.pdf>
7. Kai Wang Ng. Guo-Liang Tian. Man-Lai Tang. Dirichlet and Related Distributions: Theory, Methods and Applications. 336 pages. May 2011.

SUMMARY

INTEGRATION OF MATHEMATICAL MODELING INTO AVIATION SECURITY

Alania D.L.

Georgian Aviation University

The article presents the setting of the problem of mathematical formalization related to aviation safety. The task of formalization is due to and initiated by the modern state of the problem of ensuring aviation security. Aviation security in modern systems is implemented on the basis of the organizational and regulatory principles of security management, which does not imply measuring of the level of safety in quantitative terms. The next management principle allows to solve the problem of ensuring aviation safety without assessing the optimality of decisions made and assessing the effectiveness of the software used. The question of an acceptable level of aviation safety remains somewhat open, since its enforcement is monitored in the form of inspection measures that respond to the question of the compliance of the site's protection measures with the established requirements. At the same time, the problem of the measurability of requirements and the subjectivity of assessments and mathematical formalization remains open. The article is about the integration of mathematical modeling in aviation security.

Keywords: Aviation security, formalization, mathematical modeling, quality of security, boundary value problem, partial differential equations, classification.

ავტოტექნიკური ექსპერტიზის გამომავლის მეთოდები

წიკლაური მ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ავტოტექნიკური ექსპერტიზის მიმდინარეობისას საწყისი მონაცემების მნიშვნელობების სიზუსტე დამოკიდებულია მათი დადგენის მეთოდზე, მეტი ცდომილება შეიძლება იქნეს დაშვებული საწყისი მონაცემების მოწმეთა და შემთხვევაში მონაწილეთა ჩვენებების მიხედვით დადგენისას, ასევე მათი მნიშვნელობების არჩევისას საცნობარო ცხრილებიდან. საწყისი მონაცემები, რომლებიც მიღებულია სწორად ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად, გამოირჩევა დიდი სიზუსტით. მაგალითი: გამართული, სედანის ტიპის ავტომობილი დაეჯახა ქვეითად მოსიარულეს სავალ ნაწილზე გადასვლის მომენტში. ექსპერტის წინაშე დასმულია კითხვა: ჰქონდა თუ არა მძღოლს ტექნიკური შესაძლებლობა თავიდან აეცილებინა დაჯახება, შემდეგი საწყისი მონაცემების არსებობისას: სავალი ნაწილი იყო მშრალი, ასფალტირებული, ჰორიზონტალური პროფილის; ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარე – $V_a = 50 - 60$ კმ/სთ; ქვეითის მოძრაობის სიჩქარე – $V_{ქ} = 3,3$ კმ/სთ (მუდმივი საშუალო მნიშვნელობა); ქვეითად მოსიარულემ სავალ ნაწილზე გაიარა – $S_{ქ} = 2$ მ და ავტომობილი მას დაეჯახა წინა ნაწილით, მძღოლს არ დაუმუხრუჭებია.

ექსპერტმა საწყისი მონაცემებით მიიღო: შენელება მკვეთრი დამუხრუჭებისას – $J=5,8$ მ/წმ²; მძღოლის რეაქციის დრო (ნორმატიული) – $t_1 = 0,8$ წმ; სამუხრუჭე ამძრავის ამოქმედების დაყოვნების დრო – $t_2 = 0,1$ წმ; დროის ნაზრდი სიჩქარის მაქსიმალური შენელების დროს – $t_3 = 0,15$ წმ.

ამ მონაცემებზე დაყრდნობით ექსპერტი განსაზღვრავს გასაჩერებელ მანძილს $S_{გ}$ და ავტომანქანის დაშორებას დაჯახების ადგილიდან იმ მომენტისთვის, როდესაც ქვეითმა დაიწყო სავალი ნაწილის გადაკვეთა $S_{დაშ}$.

$$S_{გ} = (t_1 + t_2 + 0,5 \times t_3) \times \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \times J} = (t_1 + t_2 + 0,5 \times 0,15) \times \frac{50 \div 60}{3,6} + \frac{50^2 \div 60^2}{26 \times 5,8} = 31 \div 41 \text{ მ}$$

$$S_{დაშ} = \frac{V}{V_{ქ}} \times S_{ქ} = \frac{50 \div 60}{3,3} \times 2 = 30 \div 36 \text{ მ}$$

მიღებული შედეგების შეჯამების შედეგად დადგინდა, რომ მძღოლს არ ჰქონდა ტექნიკური შესაძლებლობა თავიდან აეცილებინა დაჯახება, რადგან ავტომობილის 50–60 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას $S_{გ} > S_{დაშ}$.

სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარე დამუხრუჭების დაწყებამდე გამოთვლის გზით შეიძლება იქნას დადგენილი იმ შემთხვევაში, თუ არის მონაცემები დამუხრუჭების დაწყებიდან მის სრულ გაჩერებამდე დახარჯული კინეტიკური ენერჯის შესახებ. სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი, რომლებიც ხშირად გვხვდება საექსპერტო პრაქტიკაში:

სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარის განსაზღვრა სამუხრუჭე კვალის სიგრძის მიხედვით თუ მკვეთრი დამუხრუჭებისას სატრანსპორტო საშუალების საბურავები იბლოკება, მაშინ მისი სიჩქარე დამუხრუჭების დაწყებამდე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{ს} = 1,8 \times t_3 \times J + \sqrt{26 \times S \times J} \text{ კმ/სთ}$$

სადაც, t_3 არის დროის ნაზრდი სიჩქარის შენელებისას (წმ); J – მაქსიმალური შენელება მკვეთრი დამუხრუჭებისას (მ/წმ²); S – სამუხრუჭე კვალის სიგრძე სატრანსპორტო საშუალების სრულ გაჩერებამდე (მ).

სამუხრუჭე კვალის სიგრძე ტოლია იმ მანძილის, რომელზეც გადაადგილდა სატრანსპორტო საშუალება მაქსიმალური შენელებით დამუხრუჭების პროცესში. სინამდვილეში სამუხრუჭე კვალი ნაკლებია ამ მანძილზე, ამიტომ გამოთვლებში ცდომილების შესამცირებლად შენელების დროის ნაზრდის მნიშვნელობა, რამდენადმე აჭარბებს მის ჭეშმარიტ სიდიდეს.

საექსპერტო კვლევის სირთულე დამოკიდებულია არა მხოლოდ იმაზე თუ რამდენად სრულად ითვალისწინებს ექსპერტი შემთხვევის სხვადასხვა გარემოების გავლენას გამოთვლების შედეგებზე, არამედ იმაზე, თუ როგორ ატარებს ის კვლევას. იმისთვის, რომ შევამციროთ ექსპერტის დასკვნის კვლევითი ნაწილის მოცულობა და გაუუადვილოთ საგამოძიებო ორგანოს მისი შეფასება, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ საექსპერტო პრაქტიკისთვის რეკომენდებული საბოლოო ფორმულები.

ლიტერატურა

1. შ. ფაფიაშვილი. კრიმინალისტიკა, დანაშაულთა გახსნის ტაქტიკა. -თბილისი 2007, 735 გვ.
2. გ. კაპანაძე, ლ. ფანოზიშვილი. სასამართლო ავტოტექნიკური ექსპერტიზის მეთოდთა. -თბილისი 2014, 180 გვ.
3. <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics>, 9.07.2020

SUMMARY

METHODS OF CALCULATING OF AUTO TECHNICAL EXPERTISE

Tsiklauri M.O.

Georgian Technical University

In expert studies, one or another value can be determined by different methods of calculation. The choice of method depends on how accurately it is necessary to take into account the influence of different circumstances of the case on the result of the calculation. It is advisable to use the simplest possible method, which at the same time allows to get an accurate answer to the question asked.

Keywords: technical suspension capability, maximum deceleration.

პირობითი ალბათობის ბამოყენების შესახებ

ტყემალაძე გ.შ., დოქტორი ბ.მ., მახაშვილი ქ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. ბუნების უმთავრესი ფენომენია სიცოცხლე ადამიანი ცდილობს ამ ფენომენთან ერთად შეისწავლოს სამი ძირითადი ფენომენის – სივრცის, დროისა და შემთხვევითობის ყოფაქცევა. ბუნებაში მიმდინარე პროცესები შემთხვევითი ხასიათისაა და მეცნიერების სხვადასხვა დარგის მეთოდებთან ერთად ამ პროცესების შესწავლასა და ანალიზში არსებითად გამოიყენება ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდები – თანამედროვე სტოქასტური ანალიზი ანუ სტოქასტური ინტეგრალური და დიფერენციალური აღრიცხვა. ალბათურ-სტატისტიკურ კვლევაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია პირობითობისა და დამოუკიდებლობის ცნებას. საკმარისია დავასახელოთ სპეციალური პირობითი მათემატიკური ლოდინი – მარტინგალი, ენტროპია, პირობითი ენტროპია [1-3].

ნაშრომში მოტანილია პირობითი ალბათობის განსაზღვრება კლასიკური ექსპერიმენტის შემთხვევაში და რამდენიმე საილუსტრაციო რიცხვითი ამოცანის გადაწყვეტა.

2. განვიხილოთ ე.წ. კლასიკური სქემის ექსპერიმენტი (ცდა), რომელიც შემდეგნაირად აღიწერება

$$\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\} \quad (1)$$

სადაც $\omega_1, \dots, \omega_n$ სიდიდეები ექსპერიმენტის ერთნაირად მოსალოდნელი და ურთიერთგამომრიცხავი ყველა შესაძლო შემთხვევითი შედეგია. ამ სიდიდეებს ელემენტარული ხდომილობები ეწოდება, ხოლო Ω სიმრავლეს აუცილებელი ხდომილობა ანუ ელემენტარულ ხდომილობათა სივრცე ეწოდება. Ω -ს ნებისმიერ $A \subset \Omega$ ქვესიმრავლეს შემთხვევითი ხდომილობა (ფაქტი) ეწოდება, რომლის ალბათობა განისაზღვრება ტოლობით

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{A\text{-ს ელემენტთა რაოდენობა}}{\Omega\text{-ს ელემენტთა რაოდენობა}} \quad (2)$$

აქვე გვინდა ალბათობის ცნების შემოღებასთან დაკავშირებით გამოვთქვათ რამდენიმე მოსაზრება. განვიხილოთ ერთი შეხედვით უმარტივესი კლასიკური ექსპერიმენტი – წესიერი მონეტის აგდება ორი შესაძლო შედეგით: გერბი ან საფასური. ვთქვათ მონეტა ავაგდეთ ათჯერ აღვნიშნოთ $X(i)$ -ით, $i = 0, 1, \dots, 10$ გერბის მოსვლათა რიცხვი. აღვნიშნოთ აგრეთვე $A(i) = \{X(i) = i\}$ შემთხვევითი ხდომილობის ალბათობები p_i -ით, $i = 0, 1, \dots, 10$. თუ ამ თერთმეტი შემთხვევითი ხდომილობის ალბათობებს ბერნულის ფორმულით გამოვითვლით, ადვილად დავინახავთ, რომ ყველა ალბათობა დადებითია და მათი ჯამი ერთის ტოლია. ამ ექსპერიმენტის დიდ რიცხვჯერ გამეორების დროს ისევე ადვილად დავინახავთ, რომ გერბის მოსვლათა რიცხვის ფარდობითი სიხშირე ან 0,5-ის ტოლია ან ახლოს არის მასთან. ალბათობის თეორიაში დამტკიცებულია ე.წ. ცენტრალური ზღვართი თეორემა, რომლის თანახმად როცა ექსპერიმენტების რაოდენობა უსასრულოდ იზრდება, მაშინ გერბის მოსვლათა ფარდობითი სიხშირე სწორედ 0,5-სკენ იკრიბება.

ეს იმას ნიშნავს, რომ ერთ ცდაში გერბის მოსვლის ალბათობა 0,5-ის ტოლია. თუმცა ეს იმას სულაც არ ნიშნავს, რომ წესიერი მონეტის, მაგალითად ოთხჯერ

აგდების შემთხვევაში გერბი ზუსტად ორჯერ მოვა. მიგვაჩნია, რომ ექსპერიმენტატორმა ეს და ანალოგიური ფაქტები უნდა გაითვალისწინოს ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე გაკეთებული დასკვნების დროს.

საზოგადოდ მონეტის აგდებასთან დაკავშირებულია უამრავი თეორიული და პრაქტიკული ხასიათის რთული მათემატიკური ამოცანა. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ კარგად ცნობილი სიმეტრიული ბროუნის მოძრაობა და მისი ყოფაქცევის აღმწერი ადეკვატური მათემატიკური მოდელების აგება.

ხშირად საჭიროა გამოვითვალოთ ერთი ხდომილობის ალბათობა იმ პირობით, რომ მეორე ხდომილობა უკვე მოხდა. A ხდომილობის პირობითი ალბათობა B პირობით (B მოხდა) აღინიშნება $P(A|B)$ სიმბოლოთი და განისაზღვრება ტოლობით

$$P(A|B) = \frac{P(AB)}{P(B)} \quad (3)$$

ანალოგიურად გვექნება

$$P(B|A) = \frac{P(AB)}{P(A)} \quad (4)$$

ბოლო ორი ტოლობის თანახმად მივიღებთ ორი A და B ხდომილობის ნამრავლის ალბათობის ფორმულას

$$P(AB) = P(A)P(B|A) = P(B)P(A|B) \quad (5)$$

ჩვენ დაგვჭირდება კიდევ შემდეგი ორი ტოლობა:

$$A = A\Omega = A(B + \bar{B}) = AB + A\bar{B} \quad (6)$$

$$B = B\Omega = B(A + \bar{A}) = AB + \bar{A}B \quad (7)$$

შევნიშნავთ, რომ პირობითი ალბათობა, ისევე როგორც ალბათობა, განუსაზღვრელობის უნივერსალური რიცხვითი საზომია და გააჩნია ცდის შედეგების ანალიზისა და პროგნოზირების თვისებები.

3. ქვემოთ მოტანილია ალბათობისა და პირობითი ალბათობის გამოყენების საილუსტრაციო რამდენიმე ამოცანის ამოხსნა.

ამოცანა 1. ლაბორატორიაში დიაგნოსტიკურ ტესტებს ამზადებს მკვლევართა ორი ჯგუფი. ტესტების პროდუქციაში პირველი ჯგუფის წილია – 40%, მეორეში – 60%.

ჩატარებული ცდების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია:

პირველი ჯგუფის პროდუქციაში „ვარგისია“ 90%, მეორის – 80%. კლინიკამ შეიძინა ერთი ტესტი.

1) იპოვეთ ალბათობა იმისა, რომ ტესტი არის „ვარგისი“.

2) ტესტი აღმოჩნდა „ვარგისი“. იპოვეთ პირობითი ალბათობა იმისა, რომ ტესტი არის პირველი ჯგუფის პროდუქტიდან.

ამოხსნა. პირველ რიგში შევნიშნავთ, რომ ტერმინის „ვარგისი“ შინაარსის დაზუსტება და რიცხვითი მნიშვნელობის მინიჭება მოითხოვს პაციენტებზე ტესტის გამოყენების გარკვეული რაოდენობის ცდებს და ამის საფუძველზე ტესტის „ვარგისიანობის“ კრიტერიუმის განსაზღვრებას.

1) შემოვიღოთ ორი შემთხვევითი ხდომილობა:

A – ტესტი „ვარგისია“ (\bar{A} – არ არის ვარგისი)

B – ტესტი პირველი ჯგუფის პროდუქტიდან არის

(\bar{B} – ტესტი მეორე ჯგუფის პროდუქტიდან არის).

ზემოთ მოტანილი ფორმულების გამოყენებით გვექნება:

$$P(A) = P(AB + A\bar{B}) = P(AB) + P(A\bar{B}) = P(B)P(A|B) + P(\bar{B})P(A|\bar{B}) =$$

$$= \frac{40}{100} \cdot \frac{90}{100} + \frac{60}{100} \cdot \frac{80}{100} = \frac{21}{25} = 0,84$$

$$P(B|A) = \frac{P(B) \cdot P(A|B)}{P(A)} = \frac{40}{100} \cdot \frac{90}{100} \cdot \frac{21}{25} = \frac{9}{25} \cdot \frac{25}{21} = \frac{3}{7} \approx 0,43$$

ამოცანა 2. ვთქვათ გვაქვს დიაგნოსტიკური ტესტების N რაოდენობის სიმრავლე, რომელთა შორის M არის „ვარგისი“ (N – M ვარგისი არ არის). საჭიროა თითო ტესტი შემთხვევით რიგრიგობით ავარჩიოთ უკან დაუბრუნებლად. იპოვეთ ალბათობა იმისა, რომ რიგით მეორე ნაბიჯზე არჩეული ტესტი აღმოჩნდება „ვარგისი“.

ამოხსნა. ადვილი მისახვედრია, რომ პირველ ნაბიჯზე შემთხვევით ვარგისი ტესტის არჩევის ალბათობაა M/N. ამ ამოცანაში საინტერესო ისაა, რომ მეორე ნაბიჯზე შემთხვევით არჩეული ტესტის „ვარგისიანობის“ ალბათობა ისევ M/N სიდიდის ტოლია.

შემოვიღოთ ორი შემთხვევითი ხდომილება: A₁ – პირველი ტესტი „ვარგისია“, A₂ – მეორე ტესტი ვარგისია. გვაქვს:

$$P(A_2) = P(A_1A_2 + \bar{A}_1A_2) = P(A_1A_2) + P(\bar{A}_1A_2) = P(A_1)P(A_2|A_1) + P(\bar{A}_1)P(A_2|\bar{A}_1) =$$

$$= \frac{M}{N} \cdot \frac{M-1}{N-1} + \frac{N-M}{N} \cdot \frac{M}{N-1} = \frac{M}{N} \left(\frac{M-1}{N-1} + \frac{N-M}{N-1} \right) = \frac{M}{N}$$

ამოცანა 3. ინგლისში და უელსში 1891 წელს მოსახლეობის აღწერით დადგენილი იყო: მუქთვალეებიანი მამები და მუქთვალეებიანი ვაჟიშვილები (ხდომილება AB) შედგენენ 5%-ს, მუქთვალეებიანი მამები და არამუქთვალეებიანი ვაჟიშვილები (ხდომილება $\bar{A}B$) – 7,9%, არამუქთვალეებიანი მამები და მუქთვალეებიანი ვაჟიშვილები (ხდომილება $A\bar{B}$) – 8,9%, არამუქთვალეებიანი მამები და არამუქთვალეებიანი ვაჟიშვილები (ხდომილება $\bar{A}\bar{B}$) – 78,2%. პირობითი ალბათობის გამოყენებით დავადგინოთ ვაჟიშვილების თვალების ფერის კავშირი (დამოკიდებულება) მამების თვალების ფერთან.

$$1. P(B|A) = \frac{P(AB)}{P(A)} = \frac{P(AB)}{P(A)} = \frac{P(AB)}{P(A\Omega)} = \frac{P(AB)}{P[A(B + \bar{B})]} = \frac{P(AB)}{P(AB + A\bar{B})} = \frac{P(AB)}{P(AB) + P(A\bar{B})} =$$

$$= \frac{0,05}{0,05 + 0,079} = 0,39;$$

$$2. P(\bar{B}|A) = 1 - P(B|A) = 1 - 0,39 = 0,61;$$

$$3. P(B|\bar{A}) = \frac{P(\bar{A}B)}{P(\bar{A})} = \frac{P(\bar{A}B)}{P(\bar{A}B) + P(\bar{A}\bar{B})} = \frac{0,089}{0,089 + 0,782} = 0,102;$$

$$4. P(\bar{B}|\bar{A}) = 1 - P(B|\bar{A}) = 1 - 0,102 = 0,898$$

საინტერესოა გავარკვიოთ, მაგალითად თუ რა დასკვნის საშუალებას იძლევა $P(B|A) = 0,39$ ტოლობა. ამოცანა 3-ის პირობებში ეს იმას ნიშნავს, რომ ალბათობა

იმისა, რომ მუქთვალეებიან მამას (ხდომილობა A) ეყოლება მუქთვალეებიანი ვაჟიშვილი (ხდომილობა B) შეადგენს 0,39-ს.

ანალოგიური ინტერპრეტაცია შეიძლება მივცეთ დანარჩენ ტოლობებსაც.

ამოცანა 4. ვთქვათ, პაციენტი დაავადებულია რაიმე კონკრეტული დაავადებით (ხდომილობა A) ან არ არის დაავადებული ამ ავადმყოფობით (ხდომილობა \bar{A}). პაციენტის მიმართ გამოიყენეს დიაგნოსტიკური ტესტი. ეს ტესტი იძლევა დადებით რეაქციას ამ ავადმყოფობაზე (ხდომილობა B). ცნობილია, რომ $P(B|A)=0,95$, $P(B|\bar{A})=0,05$ (ე.ი. ალბათობა იმისა, რომ ავადმყოფ პაციენტზე ტესტი მოგვცემს დადებით რეაქციას, შეადგენს 0,95-ს, ხოლო ალბათობა იმისა, რომ ჯანმრთელ პაციენტზე ტესტი მოგვცემს დადებით რეაქციას, შეადგენს 0,05-ს). ცნობილია აგრეთვე, რომ პაციენტთა გარკვეული ჯგუფისთვის $P(A)=0,005$, $P(\bar{A})=0,995$. გამოვთვალოთ პაციენტთა ამ ჯგუფისთვის პირობითი ალბათობა $P(A|B)$.

ნამრავლის ალბათობის ფორმულის გამოყენებით მივიღებთ:

$$\begin{aligned} P(A|B) &= \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} = \frac{P(A)P(B|A)}{P(AB)+P(\bar{A}B)} = \frac{P(A)P(B|A)}{P(A)P(B|A)+P(\bar{A})P(B|\bar{A})} = \\ &= \frac{0,005 \cdot 0,95}{0,005 \cdot 0,95 + 0,995 \cdot 0,05} = 0,0872 \end{aligned}$$

ეს ნიშნავს, რომ აღნიშნული ჯგუფის გამოკვლეული პაციენტებიდან, რომელთა დიაგნოსტიკურმა ტესტმა დადებითი რეაქცია მოგვცა, სინამდვილეში მხოლოდ 8,72% არის დაავადებული. ეს მაგალითი გვიჩვენებს, თუ რა დიდი სიფრთხილით უნდა მოვეკიდოთ დიაგნოსტიკური ტესტების საფუძველზე მიღებულ დასკვნებს.

გამოვთვალოთ აგრეთვე $P(B)$ და $P(AB)$ ალბათობები.

გვექნება:

$$\begin{aligned} 1) P(B) &= P(AB + \bar{A}B) + P(AB) + P(\bar{A}B) + P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A}) = \\ &= 0,005 \cdot 0,95 + 0,995 \cdot 0,05 \approx 0,6 \end{aligned}$$

$$2) P(AB) = P(A)P(B|A) = 0,005 \cdot 0,95 \approx 0,005$$

ვიგულისხმობთ ახლა, რომ $P(A|B)=0,095$ ე.ი. პირობითი ალბათობა იმისა, რომ პაციენტი რომლის ტესტმა დადებითი შედეგი აჩვენა არის დაავადებული 0,95 ალბათობით, ხოლო $P(\bar{A}|B)=0,05$ ე.ი. პაციენტი რომლის ტესტირებამ უარყოფითი შედეგი აჩვენა დაავადებული 0,05 ალბათობით.

ვთქვათ $P(B)=0,005$. ამ ალბათობების გამოყენებით ამოცანა 4-ის ანალოგიურად ადვილად გამოვთვალოთ, რომ $P(B|A) \approx 0,09$

ე.ი. ალბათობა იმისა, რომ პაციენტზე რომელიც დაავადებულია, ტესტი აჩვენებს დადებით შედეგს = 0,09.

შევნიშნავთ აგრეთვე, რომ მოტანილი ალბათობები და პირობითი ალბათობები წარმოადგენს ფაქტების ფარდობით სიხშირეებს და მიღებულია საკმაოდ დიდი რაოდენობის ჩატარებული ცდების შედეგებზე დაფუძნებული.

იმ შემთხვევაში, როდესაც გვაქვს დროში დიდ რიცხვჯერ პაციენტების ტესტირების რიცხვითი სტატისტიკური მონაცემები – დროითი მწკრივები, შეიძლება

შემდეგი კვლევის ჩატარება. ხდება დაავადების გავრცელების აღმწერი რეგრესიული მოდელების აგება, რომელიც ფაქტობრივად არის დაინფიცირებულთა ყოფაქცევის საპროგნოზო განტოლებები. ასეთია, მაგალითად წრფივი, მანვენებლიანი (ლოგარით-მული) და ავტორეგრესიული მოდელები.

ლიტერატურა

1. დოჭვირი ბ. ფინანსური მათემატიკა. ალბათობა, სტატისტიკა. -თბილისი, უნივერსალი, 2012, 255 გვ.
2. დოჭვირი ბ., ტყემალაძე გ. ქიმიური კინეტიკის ზოგიერთი ამოცანა. -თბილისი მერიდიანი, 2018, 162 გვ.
3. მახაშვილი ქ., ტყემალაძე გ., დოჭვირი ბ. ეპიდემიის დეტერმინისტული მოდელის შესახებ. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2019, v. 89, გვ. 119-121.

SUMARRY

ABOUT THE USE OF CONDITIONAL PROBABILITY

Tkemaladze G.Sh., Dochviri B.M. and Makhashvili K.A.

Georgian Technical University

Definition of conditional probability in the case of classical experiment and solution of some illustrative numerical problems are considered.

Keywords: conditional probability, event, probabilistic-statistical research.

მარკეტინგულ კვლევაში ჰიპოთეზების შემოწმების შესახებ

მაღლაკელიძე ქ.დ.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მარკეტინგულ კვლევაში მარკეტინგულ მეთოდოლოგიასთან ერთად გამოიყენება ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდები – წერტილოვანი და ინტერვალურ შედარებითი, ჰიპოთეზის შემოწმება, რეგრესიული და დროსი მწკრივების ანალიზი.

ნაშრომში გადაწყვეტილია ჰიპოთეზათა შემოწმების ამოცანების საქართველოს ოთხ უმაღლეს სასწავლებელში სწავლის ფასების და ათ რეგიონში მოგზაურობის მსურველთა შესახებ.

ქვემოთ მოტანილია სტუდენტების სწავლის სასურველი ფასების და მოგზაურობის მსურველთა რაოდენობის ცხრილები, ჰიპოთეზათა შემოწმების ამოცანების დასმა და სათანადო გადაწყვეტილებები. შევნიშნოთ რომ მარკეტინგული ინფორმაცია მიღებულია ქ. თბილისში რესპონდენტების გამოკითხვით.

ჰიპოთეზის შემოწმება სწავლის ფასების პოპულაციის საშუალოსათვის.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ცხრილი 1. სტუდენტებისთვის მისაღები საშუალო ფასები

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ფასი Y(t)	1000	900	1100	1200	1000	1000	1500	1000	1200	1000	1100	1000

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 1080$ ალტერნატივა $H_1 : a > 1080$

$$n = 12, \bar{X} = 1083 \quad S = 150 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,1$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ცხრილი 2. სტუდენტებისთვის მისაღები საშუალო ფასები

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ფასი Y(t)	1500	1200	1400	1000	1000	1200	1600	1500	1200	1100	1000	1200

ჰიპოთეზა $H_0 :$ ალტერნატივა $H_1 : a$

$$n = 12, \bar{X} \quad S = \frac{\max x_i - \min x_i}{4} = 150 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = -0,2$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ცხრილი 3. სტუდენტებისთვის მისაღები საშუალო ფასები

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ფასი Y(t)	1600	1500	1600	1700	1800	1700	1800	1800	1600	1500	1400	1400

ჰიპოთეზა H_0 : ალტერნატივა $H_1 : a$
 $n = 12, \bar{X} \quad S = \frac{\max x_i - \min x_i}{4} = 100 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,58$
 გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

თავისუფალი უნივერსიტეტი

ცხრილი 4. სტუდენტებისთვის მისაღები საშუალო ფასები

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ფასი Y(t)	3000	3200	4000	3500	3000	2900	3500	3300	3400	3000	3100	3000

ჰიპოთეზა H_0 : ალტერნატივა $H_1 : a$
 $n = 12, \bar{X} \quad S = \frac{\max x_i - \min x_i}{4} = 275 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,52$
 გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

ჰიპოთეზის შემოწმება ტურისტების პოპულაციის საშუალოსათვის

აჭარა

ცხრილი 5. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	22	16	20	18	24	20	21	18	25	20

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 21$ ალტერნატივა $H_1 : a > 21$
 $n = 10, \bar{X} \quad S = \max x_i - \min x_i = 2,25 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{9;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = -0,8$
 გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

გურია

ცხრილი 6. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	16	18	16	20	22	24	15	14	18	16

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 16$ ალტერნატივა $H_1 : a > 16$

$$n = 10, \bar{X} = 17,9 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2,5 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 2,4$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

იმერეთი

ცხრილი 7. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	15	12	16	20	22	14	15	14	18	16

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 16$ ალტერნატივა $H_1 : a > 16$

$$n = 10, \bar{X} = 16,2 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2,5 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,25$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

კახეთი

ცხრილი 8. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	20	18	22	23	19	20	18	17	19	22

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 19$ ალტერნატივა $H_1 : a > 19$

$$n = 10, \bar{X} = 19,8 \quad S = \max x_i - \min x_i = 1,5 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 1,69$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

მცხეთა-მთიანეთი

ცხრილი 9. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	30	25	20	21	22	20	23	19	18	21

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 21$ ალტერნატივა $H_1 : a > 21$

$$n = 10, \bar{X} = 21,9 \quad S = \max x_i - \min x_i = 3 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,95$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

რაჭა

ცხრილი 10. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	16	12	14	10	11	18	14	11	16	12

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 14$ ალტერნატივა $H_1 : a > 14$

$$n = 10, \bar{X} = 13,4 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = -0,9$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

სამეგრელო

ცხრილი 11. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	18	20	19	21	24	15	14	14	15	16

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 17$ ალტერნატივა $H_1 : a > 17$

$$n = 10, \bar{X} = 17,6 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2,5 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,76$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

სამცხე-ჯავახეთი

ცხრილი 12. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	12	14	10	18	16	11	12	11	14	12

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 12$ ალტერნატივა $H_1 : a > 17$

$$n = 10, \bar{X} = 13 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 1,58$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

სვანეთი

ცხრილი 13. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	20	18	22	24	18	20	14	16	18	20

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 20$ ალტერნატივა $H_1 : a > 20$

$$n = 10, \bar{X} = 19 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2,5 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = -1,3$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

ქვემო ქართლი

ცხრილი 14. ტურისტთა რაოდენობა

დრო t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ფასი Y(t)	14	12	16	10	8	10	12	11	12	10

ჰიპოთეზა $H_0 : a = 11$ ალტერნატივა $H_1 : a > 11$

$$n = 10, \bar{X} = 11,5 \quad S = \max x_i - \min x_i = 2 \quad \alpha = 0,05 \quad t_{11;0,05} = 2,7; \quad t = \frac{\bar{X} - a}{s/\sqrt{n}} = 0,79$$

გადაწყვეტილება: სამართლიანია H_0 ჰიპოთეზა

ლიტერატურა

1. Malhotra N.K. Marketing Research: An Applied Orientation. New Jersey, 2008, 761p.
2. Todua N. Maghlakelidze K. Marketing Research on Food Consumers' Behavior in Georgia's consumer market. //British Journal of Marketing Studies (BJMS), 2019, Vol. 7, Issue 4, pp.76-82.
3. Babilua P. Maghlakelidze K. On The Marketing Investigation Of The Behavior Of Higher Education Consumers In Georgia. //British Journal of Marketing Studies (BJMS), 2019, Vol. 7, Issue 6, pp.32-34
4. Babilua P., Maghlakelidze K. Marketing Investigation of the Behavior of Tourists in Georgia. //International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN: 2319-7064, 2019.
2. ფურთუხია ო. ალბათურ სტატისტიკური ამოცანები. -თბილისი, თსუ, 2012, 520გვ.

SUMMARY

ABOUT CHECKING OF THE HYPOTHESES IN THE MARKETING RESEARCH

Maghlakelidze K.D.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

In the marketing research, in a manner like other sciences, the problems of the checking of the hypotheses are used by which it is possible to compare the probable mean value of variable quantity with the mean value of the variable obtained by marketing information. On this basis the marketers participate actively on planning, control and management of the activity of the firms and companies, used hereafter in the formation of the State budget.

Keywords: marketing research, problems of checking of hypotheses, planning, control, management, mean value of variable.

**ალმასკომპოზიციური მასალის ლითონური მატრიცა შენადნობთა ფხვნილების
გამოყენებით**

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

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღეისათვის, ალმასურ ინსტრუმენტებზე ძალიან დიდი და მზარდი მოთხოვნაა ინდუსტრიის ისეთ დარგებში, როგორცაა ბუნებრივი ქვების მოპოვება-დამუშავება, სამთო-გეოლოგიური და სამძებრო სამუშაოები, გაზისა და ნავთობის ჭაბურღილების ბურღვა, სამოქალაქო მშენებლობა და სხვ. როგორც ცნობილია, ალმასური ინსტრუმენტის ძირითად ფუნქციონალურ ელემენტს წარმოადგენს ალმასშემცველი კომპოზიციური მასალა – ალმასური სეგმენტი.

ალმასკომპოზიტის მიღება ძირითადად ხორციელდება ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდით. ალმასური ინსტრუმენტის მუშაუნარიანობას განსაზღვრავს როგორც კომპოზიტში გამოყენებული, სწორად შერჩეული ალმასური კრისტალების ხარისხი, ასევე კომპოზიტში გამოყენებული ლითონური შემკვრელის თვისებების კომპლექსი. შემკვრელის ეფექტურობა განისაზღვრება ორი ძირითადი პარამეტრით – შემკვრელის მიერ ალმასური მარცვლების დაჭერის სიმტკიცით (ალმასდაჭერის უნარი) და შემკვრელის ცვეთამდეგობით. ალმასდაჭერის უნარი (ძალა) წარმოადგენს ალმასების მექანიკური ჩაჭერის სიმტკიცისა და ალმასის შემკვრელთან ქიმიური ურთიერთქმედებით წარმოქმნილი ადჰეზიური ძალების ჯამს. შემკვრელის ლითონურ მატრიცაში ალმასების მექანიკური ჩამაგრების სიმტკიცე და მისი სტაბილურობის შენარჩუნება მუშაობის პროცესში დამოკიდებულია შემკვრელის მექანიკურ და თბოფიზიკურ თვისებებზე. ლითონური შემკვრელის ადჰეზიის უნარი ალმასთან მაღალ ტემპერატურაზე შეცხობისას კი დამოკიდებულია მათ შორის ქიმიური ურთიერთქმედების მექანიზმზე.

მძიმედ დასამუშავებელი მასალების დამუშავებისას ლითონური მატრიცის მაღალი დონის ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მისაღწევად დიდი რაოდენობით შეყავთ რკინის ტრეადის ლითონები Fe, Ni, Co (განსაკუთრებით ძვირადღირებული Co) და სხვა დანამატები (W, WC, Cr₂C₃ და სხვ.). ამავდროს, მატრიცის მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებასთან ერთად აღნიშნული ლითონები ახდენენ უარყოფით გავლენას ალმასდაჭერის უნარზე მათი მაღალ ტემპერატურაზე კატალიტიკური აქტივობის, ალმასის გრაფიტში ფაზური გარდაქმნის მიმართ. ამ მიზეზით, ალმასკომპოზიტის დამზადებისას ან ალმასური ინსტრუმენტის მუშაობისას (მაღალი ტემპერატურები) ალმასების ზედაპირზე წარმოიქმნება დაბალი სიმტკიცის გრაფიტის ფენა, რაც იწვევს ალმასური მარცვლების ამოცვენას ლითონური მატრიციდან, შედეგად, მცირდება ინსტრუმენტის ჭრისუნარიანობა და მედეგობა.

ამჟამად, სამეცნიერო და საპატენტო ლიტერატურაზე დაყრდნობით, შეიმჩნევა მკაფიო ტენდენცია გამოინახოს Co, Ni და Fe შემცველი ლითონური მატრიცის იაფი ალტერნატივა მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებით და ადჰეზიურობით ალმასთან, ანუ მაღალი ექსპლუატაციური მაჩვენებლებით. ასეთად მოიაზრება სისტემები მაგ. Cu-ის ბაზაზე [1,2]. სპილენძი მაღალი ტემპერატურის პირობებში ინაქტიურია ალმასის გრაფიტიზაციის პროცესის მიმართ, რაც უეჭველად დადებითი ფაქტორია, მაგრამ მეორეს მხრივ, სპილენძი გამოირჩევა დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებით და შესაბამისად დაბალი ცვეთამდეგობით, აგრეთვე მას ფაქტიურად არ გააჩნია ადჰეზიურობა ალმასის მიმართ. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ადჰეზიურად აქტიური მაღალტემპერატურული კომპონენტების შეყვანა, როგორცაა: Si, Ti, Zn, V, Cr და ა.შ. ასეთი ნაერთები, გარდა მაღალი ადჰეზიურობისა, დადებითად აისახებიან შემკვრელის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე. ამ ტიპის დანამატების გამოყენება ტრადიციულად დისპერსული ფხვნილების სახით საბაზო (Cu) ლითონის ფხვნილში ალმასკომპოზიტის ლითონური მატრიცის ფორმირებისას შეზღუდული ტემპერატურების პირობებში < 900°C (ალმასების თერმომედე-

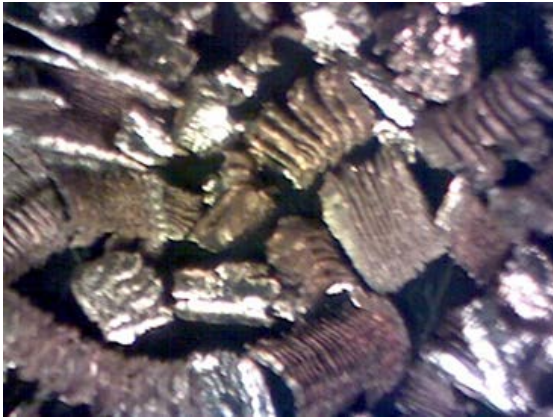
გობის ზღვარი) ნაკლებად ეფექტურია და არ იძლევა ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების სასურველ დონეს. დასახული ამოცანა მოითხოვს სხვა უფრო ეფექტური გზების მოძიებას.

დღეისათვის, რიგი ბრენდული კომპანიების (Cobalitic-Umicore, Belgium; Next&Keen-Eurotugtsten Pouders, France; Dr.Fritch” Germany, “SP-Technology” Austria; და სხვ.). მიერ იწარმოება სხვადასხვა შემადგენლობის უკვე მზა შენადნობთა დისპერგირებული ფხვნილები, რომლებიც ალმასურ ინსტრუმენტში გამოიყენება, როგორც შემაკავშირებელი. აღსანიშნავია, რომ მათ შემადგენლობაში საბაზო ძირითად კომპონენტად გამოიყენება ისევე იგივე მეტალები Co, Fe, Ni და სხვ. მცირედი დანამატებით (მაგალითად: Cobalitic-Umicore – 90-99%Co; Diabase-V21–64%Fe, 21% Cu, 12% Co, 3% Sn). აღნიშნული პროდუქცია ძირითადად უნივერსალური, ფართო მოხმარების ალმასურ ინსტრუმენტებზეა ორიენტირებული. ხშირ შემთხვევაში ალმასური ინსტრუმენტის მწარმოებლები კონკრეტული ამოცანების გადასატრედად ზემოთ ჩამოთვლილ შემადგენლობებს იყენებენ საბაზოდ და თავიანთი შეხედულებისამებრ ავსებენ დანამატებით – კარბიდებით, ოქსიდებით ან სხვადასხვა ნანოდანამატებით.



სურ. 1. შენადნობთა სხმულები

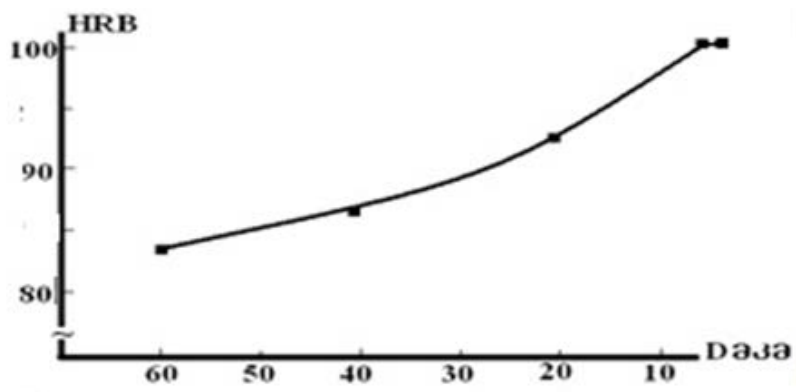
სამუშაოში მოყვანილია მონაცემები, რომელიც ადასტურებს ჩვენს მიერ Cu–Ti სისტემის ბაზაზე მიღებული შენადნობების დისპერგირებით მიღებული ფხვნილების გამოყენების შესაძლებლობას ალმასკომპოზიტის მიღების ტექნოლოგიაში. შემუშავებულია და გამოვლენილია შენადნობთა დისპერგირების იაფი მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა და დისპერგირების ხარისხის გავლენა მიღებული ცხობილების თვისებებზე. შესწავლილი იქნა Cu–Ti–Sn და Cu–Ti–Sn–Ni სისტემები, სადაც Cu–Ti-ის შემცველობა არანაკლებ 80%-ია. შენადნობთა მიღება ხორციელდებოდა ინდუქციური ღებობის მეთოდით გრაფიტის ტიგლებში. მიღებული ნაღობები (სურ. 1) ექვემდებარებოდა პირველად დისპერგირებას მექანიკური დამუშავებით (ახარატება) სპეციალურად შექმნილი საჭრისის გამოყენებით. მიღებული ლითონური ფხვნილი წარმოადგენდა შენადნობის სამგანზომილებიან მარცვლებს, ზომით 1,5–0,4 X1,0 მმ (სურ. 2ა). მიღებული ფხვნილი შემდგომ იფქვებოდა ბურთულებიან დოლური ტიპის წისქვილში მეთილის სპირტის გარემოში 40–80 სთ-ის განმავლობაში. ბურთულების მასის შეფარდება დასაფქვავე ფხვნილის მასასთან შეადგენდა 1:20. მიღებულ შენადნობთა დისპერგირებული ფხვნილები სპეციალური საცრების საშუალებით ხარისხდებოდა ფრაქციებად (სურ. 2ბ). შეცხოვა ხორციელდებოდა ცხელი დაწნევის მეთოდით გრაფიტის წნეხფორმებში. მიიღებოდა ცილინდრული ნიმუშები ზომებით Φ – 17 მმ, h – 9 მმ, m – 10გ პროცესი მიმდინარეობდა $T = 750-800$ °C და $P = 350-400$ კგ/მ² პირობებში. მაქსიმალურ ტემპერატურაზე დაყოვნების დრო $\tau = 150-180$ წმ. იზომებოდა მიღებული ცხობილების სისაღებები.



სურ.2. სხმულების დისპერგირებით მიღებული ფხვნილი ზომებით
 1,5–0,4 მმ X9 (ა) და 0,02–0,016მმ X9 (ბ)

შესწავლილია სხვადასხვა სისტემის შენადნობთა ფხვნილების მარცვლოვანების გაგვლენა მიღებული ნიმუშების სისაღებზე.

ასევე შედარებისათვის მოყვანილია საწყის ფხვნილთა მარცვლოვანების გაგვლენა შემცხვარი ნიმუშების სისაღებზე იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც საწყისი სარეაქციო კაზმი წარმოადგენს სუფთა ერთკომპონენტური ლითონურ ფხვნილების ნარევს [3]. დღემდე, ძირითადად სწორედ ასეთი ტექნოლოგია გამოიყენება ალმასშემცველი კომპოზიციების მისაღებად ალმასური ინსტრუმენტების ინდუსტრიაში. საწყის ფხვნილთა მარცვლოვანების გაგვლენა შესწავლილია სისტემისათვის Fe – Cu – Sn – Ni. როგორც ცნობილია, აღნიშნული შემადგენლობა ფართო მოხმარებაშია სხვადასხვა ნომენკლატურის ალმასური ინსტრუმენტის დასამზადებლად [4,5]. ნახ.1.

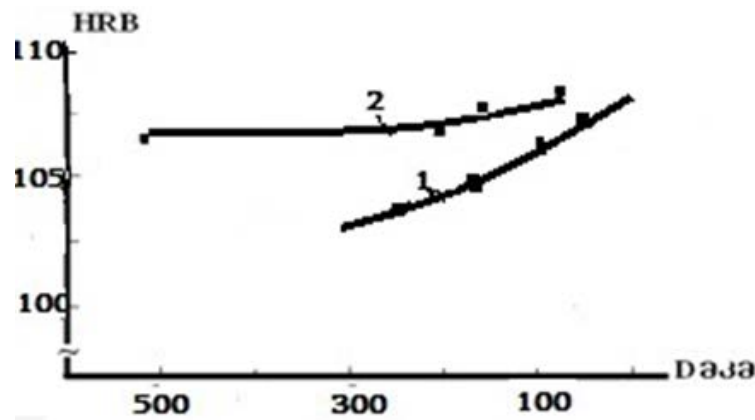


ნახ.1. შემცხვარი ($P=400$ კგ/სმ²; $T=850^{\circ}C$) ლითონური კომპოზიციური მასალის (Fe–Cu–Ni–Sn) სისაღის დამოკიდებულება საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების მარცვლების საშ. ზომაზე

წარმოდგენილი შედეგები ცხადყოფენ, რომ საწყის კაზმად ერთკომპონენტური სუფთა ლითონთა ფხვნილების ნარევის შეცხოებისას ფხვნილთა დისპერსულობის ხარისხი პროცესის იდენტური P – T პარამეტრების პირობებში ფაქტიურად მთლიანად განაპირობებს მიღებული მასალის ხარისხს. ფხვნილოვანი კომპონენტების მარცვლო-

ვანების შემცირება 80 მკმ-დან 5 მკმ-მდე იწვევს სისაღის მატებას HRB შკალით არანაკლებ 15 – 17 ერთეულით. ყოველივე ეს მეტყველებს იმაზე, რომ შეცხოების პროცესი შედარებით მსხვილმარცვლოვანი (80 – 100 მკმ) ფხვნილების გამოყენებისას მიმდინარეობს დიდი სიძნელებით და ლითონური მარტიცის შემკვრივების ეტაპი არ არის ბოლომდე მიყვანილი, რაც გამოიხატება ყველაზე სენსიტურ ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებელზე – სისაღეზე.

მკვეთრად განსხვავებულია სურათი წინასწარ შექმნილი შენადნობების ფხვნილების გამოყენებისას. ნახ.2-ზე მოყვანილია Cu-Ti-Sn და Cu-Ti-Sn-Ni სისტემების შენადნობთა (Cu-Ti-ის შემცველობა ორივე შემთხვევაში მეტია 80%-ზე) დისპერგირებით მიღებული ფხვნილების მარცვლოვანების გავლენა ამ ფხვნილებით შემცხვარი ნიმუშების სისაღეებზე. დადგენილია, რომ შენადნობთა ფხვნილების მარცვლოვანების ცვლილება 1000 მკმ-დან 50 მკმ-დე ფაქტიურად არ, ან უმნიშვნელო გავლენას ახდენს მიღებული ცხობილების სისაღეების მნიშვნელობაზე.



ნახ.2 შემცხვარი შენადნობების სისაღის დამოკიდებულება საწყისი ფხვნილების მარცვლოვანებაზე.
Cu-Ti-Sn (1) და Cu-Ti-Sn-Ni (2)

მიღებული შედეგები შეიძლება ნაწილობრივ აიხსნას იმ გარემოებით, რომ შენადნობთა მიღებისას მაღალი ტემპერატურის პირობებში (1100 – 1200 °C) მრავალკომპონენტიანი სისტემის შენადნობებში თხევად ფაზაში ურთიერთგახსნისა და ჰომოგენიზაციის პროცესი მიმდინარეობს შედარებით მაღალი სიჩქარით. შესაბამისად, ძალიან გაადვილებულია მოსალოდნელ ფაზათა წარმოქმნა. ნაღობის სწრაფი გაციებისას და კრისტალიზაციისას გამოყენებული ტექნოლოგიის საშუალებით ფაქტიურად შენარჩუნებულია მაღალტემპერატურული (700 – 900 °C), უკვე ჩამოყალიბებული ფაზები. ასეთ შენადნობთა ფხვნილოვანი მასების შეცხოებისას მაღალ P – T პარამეტრების პირობებში მიმდინარეობს ძირითადად მხოლოდ პლასტიური დინების და მარცვალთა საკონტაქტო ზედაპირებს შორის ურთიერთდიფუზიური პროცესები. შედეგად, შემკვრივების პროცესი გაადვილებულია, რამდენადაც დამატებით არ არის დამოკიდებული ისეთი პროცესების კინეტიკაზე, როგორც არის მოცულობითი და რეაქტიული დიფუზია, ფაზათა ჩამოყალიბებისა და ჰომონიგენიზაციის პროცესები, რომელიც თავის მხრივ მაღალი აქტივაციის ენერგიით ხასიათდებიან და უმეტეს შემთხვევაში მაღლიმიტირებელ სტადიებად გვევლინებიან მყარფაზა შეცხოების პროცესების მიმდინარეობისას.

ზემოთ მოყვანილი მსჯელობა რა თქმა უნდა ჰიპოთეტური ხასიათისაა და უეჭველად მოითხოვს შემდგომი კვლევების გაგრძელებასა და ახალი მონაცემების მოპოვებას. ყოველ შემთხვევაში წარმოდგენილი შედეგები იძლევა იმედს, რომ ახალი ნოვაციური ტექნოლოგიის შესაქმნელად სწორი გეზია შერჩეული.

ლიტერატურა

1. В.В. Пашинский, М.Г. Субботина. Оценка перспектив создания композиционных материалов на основе Cu-Ti матрицы, упрочненной TiC. Научно работа ДонНТУ. /Металлургия, вып.1(14)-2(15), 2012, сс.103-109.
2. М.А. Емельянова, Г.Н. Романов, И.И. Ноев. Формирование абразивного материала на основе медь-титан-алмаз. /Вестник ЯГУ, т.7, №1, 2010, сс. 64-70.
3. ნ. ლოლაძე, მ. წეროძე, ზ. ავალიშვილი, ი. ძიძიშვილი, დ. ნოზაძე. ალმასკომპოზიციური მასალის მიღების ზოგიერთი ტექნოლოგიური ასპექტი. //Georgian Engineering News, 2019, v.89, გვ. 99-103.
4. Janusz Konstanty, Andrzej Romanski. New Nano crystalline Matrix Materials for Sintered Diamond Tools. /Materials Sciences and Application. <http://dx.doi.org/msa.2012.311113> Published Online November 2012, (<http://www.SciRP.org/journal/msa>).
5. 5.E.Baczek, B.Staniewicz-Brudnik. Structure and properties of sintered matrix materials used for fabrication of diamond and CBN impregnated tools. /20th International Conference on Composite Materials Copenhagen, 19 – 24th July, 2015.

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

SUMMARY

METALLIC MATRIX OF DIAMOND COMPOSITE MATERIAL PRODUCED BY ALLOY POWDERS

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

The work shows the possibility of using powders produced by dispersing Cu-Ti-based alloys as a binder of diamond composite materials. It was found that using powders obtained by dispersed alloys, the effect of the initial powders grain size on the property of sintered material is insignificant. This fact can significantly simplify the existing technology for producing diamond composite materials.

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

ფხვნილბუნა მავთულის დამზადება და ცვეთამედეგი დანადგურის მიღება
ელექტრორკალური მეთოდით

დადიანიძე გ.ა., შარაშენიძე ჯ.ა., პაპავა კ.გ., ხუციშვილი მ.გ., სარალიძე ბ.რ.

ფ. თავადის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინტიტუტი
საქართველს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მანქანებისა და მექანიზმების დეტალების უმრავლესობა ექსპლოატაციის პროცესში მწყობრიდან გამოდის ცვეთის, დარტყმითი დატვირთვების, კოროზიის და სხვა მიზეზებით. თანამედროვე ტექნიკის განვითარება საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მეთოდით აღვადგინოთ და განვამტკიცოთ მათი ზედაპირები, რაც თავისთავად საგრძნობლად ზრდის მათი მუშაობის ხანგრძლივობას. პრაქტიკულად ყველა დეტალების მწყობრიდან გამოსვლის პროცესი იწყება მათი ზედაპირული რღვევით, ამ დროს იცვლება მათი გეომეტრიული ზომები და ფორმა. გეომეტრიული ზომების აღსადგენად საჭიროა გაცვეთილი დეტალების ზედაპირებზე ლილვაკების დადება, რომლებიც გადაფარავენ ერთ, ორ და რამოდენიმე შრეს. ყოველი შემდგომი შრის დადებისას ხდება წინამდებარე შრის მაღალტემპერატურული გახურება, შემოდნობა იცვლება ლითონის სტრუქტურა და განმტკიცებული შრის მოცულობა, შესაბამისად იზრდება ცვეთამედეგობაც [1-6].

დეტალების ზედაპირების ცვეთამედეგობის გაზრდისათვის გამოყენებული ტექნოლოგიები დაფუძნებულია: ქიმიური და ელექტროქიმიური ურთიერთქმედების; დიფუზიური პროცესების; თერმომექანიკური ენერგიების გამოყენებაზე [7].

დადულება წარმოადგენს ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს.

ცვეთამედეგი ზედაპირების მისაღწევად შერჩეული იქნა ელექტრორკალური დადულების მეთოდი ხელით და ნახევარავტომატით.

სამუშაოს მიზანია ცვეთამედეგი დანადგურების მიღება ელექტრორკალური მეთოდით ფხვნილბუნა მავთულის გამოყენებით, მაღალი სისაღებების მიღება დადულებულ ზედაპირზე და მეტალოგრაფიული კვლევა.

მიზნის მისაღწევად ფ. თავადის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინტიტუტში დამზადებული იქნა ფხვნილბუნა მავთული, რომლის ლენტა (გარსაცმი) იყო 08 კა ГОСТ 503-81 ზომით 12x0,5 მმ, ხოლო შიგთავსი ქრომის კარბიდი Cr₃C₂, კრისტალური გისოსით ორთორობმული, დნობის ტემპერატურით 1895 °C მიკროსისალით 22800 მგპა. ქრომის კარბიდის ქიმიური შემადგენლობა %-ში შემდეგია C=8,36; Si=1,0; Al=0,3; Fe=0,3; Mn=0,1; Cu=0,01; Mg=0,005, Cr ფუძე. [3].

ფხვნილბუნა მავთულის დამზადების ტექნოლოგია მოიცავდა შემდეგ ოპერაციებს:

1. ლენტის (გარსაცმის) და კაზმის მომზადება;
2. პროფილის ფორმირება და კაზმის ჩაყრა;
3. ადიღვა (ფხვნილბუნა მავთულის გატარება თვალაკში);

დამზადებული ფხვნილბუნა მავთული მრგვალი ფორმისაა დიამეტრით 2,8 მმ.

ფხვნილბუნა მავთულის დამზადებისას მნიშვნელოვანია შევსების კოეფიციენტის განსაზღვრა, რომელიც იანგარიშება შემდეგი ფორმულით

$$K_{\eta} = \frac{G_{\text{ფხვ}}}{G_{\text{მავთ}}}.100\%$$

სადაც $G_{\text{ფხვ}}$ – შემსები ფხვნილის მასა; $G_{\text{მავთ}}$ – მავთულის მასა, ჩვენს შემთხვევაში შეადგენს 30%-ს.

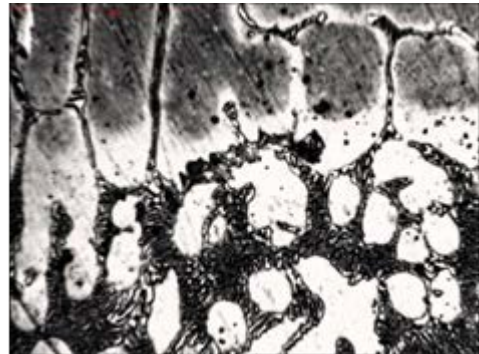
დამზადებული ფხვნილბუნა მავთული ხასიათდებოდა:

1. ელექტრორკალის სტაბილურობით;
2. მცირე გაშხეფებით;
3. დანადგური ზედაპირის თანაბარი დაფარვით;
4. დაფარულ ფენას არ გააჩნია დეფექტები.

დამზადებული ფხვნილგულა მავთულით მოვახდინეთ არგონრკალური მეთოდით დადულება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ინვენტორული შედულების აპარატზე TIG / MMA320-ზე ვოლფრამის უღნობი ელექტროდით პირდაპირი პოლარობით (120A–140A)-მდე, ფუქემრე წარმოადგენდა CT20 ГОСТ1050-88.

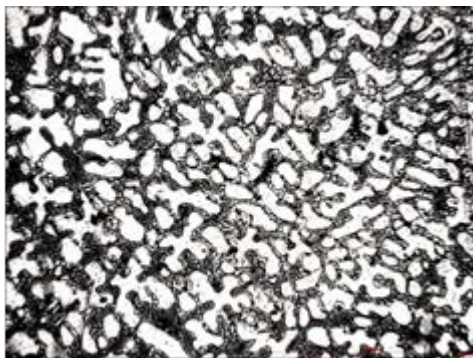


X100

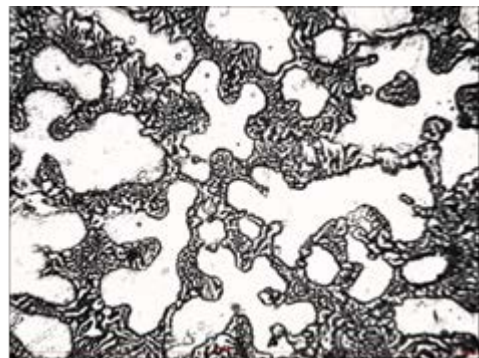


X400

ა



X400



X1000

ბ

სურ.1. ერთშრიანი დადულების მიკრო სტრუქტურები

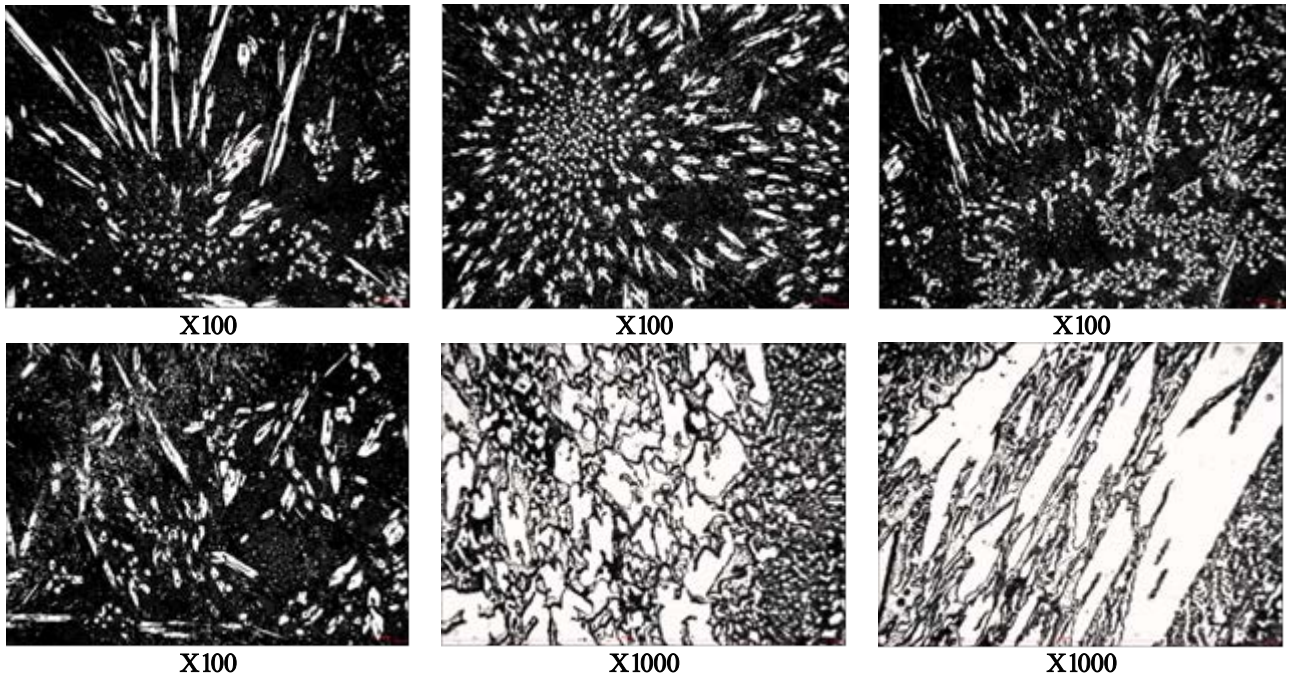
ა – გამყოფი ზონა; ბ – სხვადასხვა დადულების ადგილები

ერთ-, ორ- და სამშრიან დადულებულ ნიმუშებზე მიკროსისალეების გაზომვა მოხდა PMT-3-ზე.

ერთშრიანი დადულების სურ. 1. (ა) გადაღებულია გამყოფი ზონის მიკროსტრუქტურა X100 და X400 გადიდებით. დადულებულ ზონაში კარგად ჩანს თეთრი ფერის ნაწილები ქრომის კარბიდის სახით მიკროსისალით 5918,1 მგპა, მუქი ფერის უბნები შეესაბამება ძირითადი ლითონის მიკროსისალით 4707,7 მგპა. შეიმჩნევა სხვადასხვა ზომის კარბიდების თანაბარი განაწილება.

ორშრიანი დადულების შემთხვევაში შეიმჩნევა სხვადასხვა ზომის თეთრი ნაწილაკები ქრომის კარბიდების სახით, როგორც მრგვალი, ისე მოგრძო ზომის ნაწილაკები მიახლოებული ტროსტიტულ სტრუქტურასთან მიკროსისალით 17057,6 მგპა, ხოლო მუქი ფერის უბნები შეესაბამება ძირითად ლითონს მიკროსისალით 5464,5 მგპა.

სურ. 2. ორშრიანი დადულების შემთხვევაში სხვადასხვა ადგილზე დადულებული სტრუქტურა საკმაოდ განსხვავებულია ერთმანეთისაგან. შეიმჩნევა მიკროსისალის ზრდა ერთშრიან დადულებულ ნიმუშთან შედარებით.

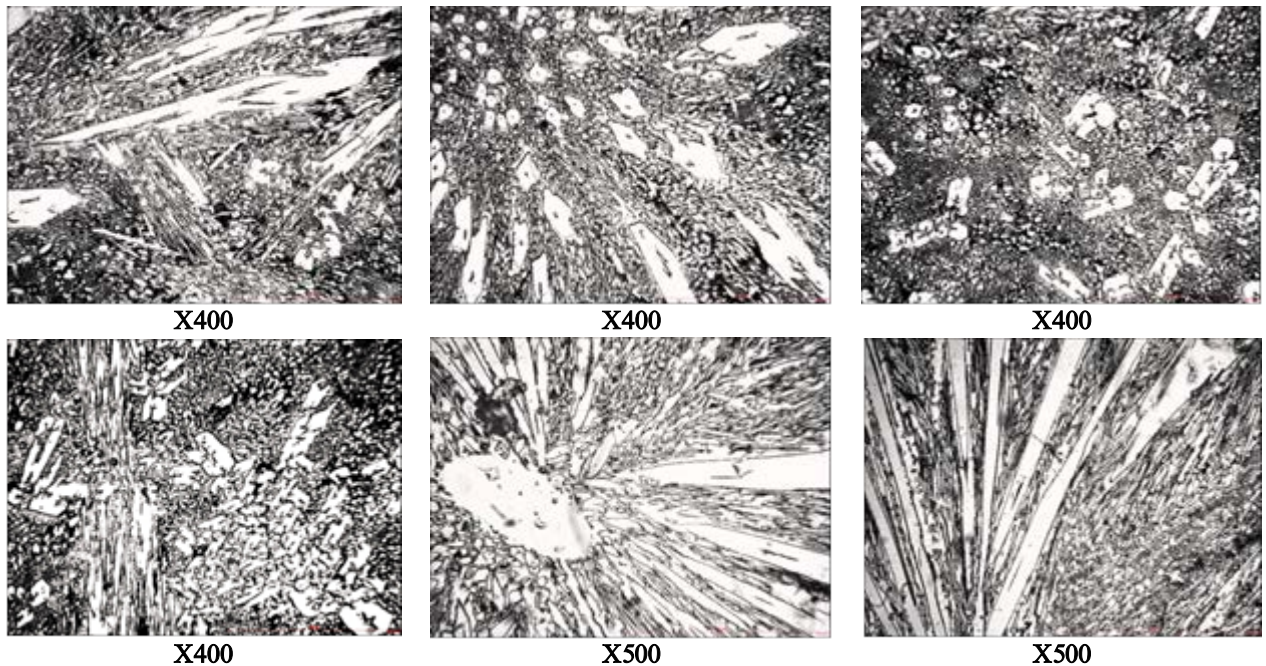


სურ. 2. ორშრიანი დაღუღების მიკროსტრუქტურები გადაღებული სხვადასხვა ადგილებში

სამშრიანი დაღუღების შემთხვევაშიც შეიმჩნევა მოგრძო ზომის თეთრი ნაწილაკები ქრომის კარბიდების სახით, როგორც მრგვალი, ისე მოგრძო ზომის ნაწილაკები მიახლოებული ტროსტიტულ სტრუქტურასთან მიკროსისალით 18389,5 მგპა, ხოლო მუქი ფერის უბნები შეესაბამება ძირითად ლითონს მიკროსისალით 6978,5 მგპა. სამშრიანი დაღუღების შემთხვევაში სხვადასხვა ადგილზე გადაღებული სტრუქტურები განსხვავებულია ერთმანეთისგან.

სამშრიანი დაღუღების მიკროსტრუქტურებში სურ. 3-ზე შეიმჩნევა მიკროსისალის ზრდა ორშრიან დაღუღებულ ნიმუშთან შედარებით.

ორ- და სამშრიან დაღუღებულ ნიმუშების მიკროსტრუქტურებს შორის შეინიშნება გარკვეული მსგავსება.



სურ. 3. სამშრიანი დაღუღების მიკროსტრუქტურები გადაღებული სხვადასხვა ადგილებში

ფხენილგულა მავთულით დამცავ აირ არგონის ქვეშ ერთი, ორი და სამშრიანი დადუღებული ნიმუშების თეთრი ნაწილაკების მიკროსისალეების ზრდა 5958,1 მგპა – 18389,5 მგპა, რომელიც წარმოადგენს ქრომის კარბიდებს, ხოლო მუქი ფერის შავი უბნების მიკროსისალეებიც შესაბამისად იზრდება 4707,7 მგპა – -6978,5 მგპა.

ამგვარად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ერთშრიანი, ორშრიანი და სამშრიანი დადუღების შემთხვევაში მიკროსისალეების მკვეთრი ზრდა მიგვითითებს სამშრიანი დანადგურის უპირატესობაზე, რაც შემდგომში აისახება დადუღებული დეტალების ცვეთამედეგობის გაზრდაში.

ლიტერატურა

1. Badisch E., Kirchgaßner M. Influence of welding parameters on microstructure and wear behaviour of a typical NiCrBSi hardfacing alloy reinforced with tungsten carbide. // Surface & Coatings Technology, 2008, Vol. 202, pp. 6016- 6022.
2. Wang S.-H., Chen J.-Y., Xue L. A study of the abrasive wear behaviour of laser-clad tool steel coatings. // Surface & Coatings Technology, 2006, Vol. 200, pp. 3446-3458 .
3. Xue L. , Chen J., Wang S.-H. Freeform Laser Consolidated H13 and CPM 9V Tool Steels. // Metallography, Microstructure, and Analysis, 2013, Vol. 2, pp. 67-78.
4. Hashemi N., Mertens A., Montrieux H.-M. , Tchuindjang J.T. , Dedry O., Carrus R., Lecomte-Beckers J., Oxidative wear behaviour of laser clad Oxidative wear behaviour of laser clad High Speed Steel thick deposits: Influence of sliding speed, carbide type and morphology. // Surface & Coatings Technology, 2017, Vol. 315, pp. 519-529.
5. Zhang Z., Yu T., Kovacevic R. Erosion and corrosion resistance of laser clad AISI 420 stainless steel reinforced with VC. // Applied Surface Science, 2017, Vol. 410, pp. 225-240.
6. Zhang K., Wang S., Liu W., Shang X. Characterization of stainless steel parts by Laser Metal Deposition Shaping . // Materials and Design, 2014, Vol. 55, pp. 104-119.
7. Зенин Б.С., Слосман А.И. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий. Учебное пособие. – 2-е изд. - Томск: Изд-во ТПУ, 2012, 120 с.

SUMMARY

FABRICATION OF POWDER CORE WIRE AND OBTAINING OF WEAR-RESISTANT OVERLAYING WELDING BY ELECTROARC METHOD

Dadianidze G.A., Sharashenidze J.A., Papava K.G., Khutsishvili M.G. and Saralidze B.R.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

Georgian Technical University

The most part of machines and mechanisms becomes disable at operation process by wear. To obtain the wear-resistant surfaces the method of electroarc overlaying welding manual and semiautomatic. In F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science the powdercore wire was fabricated, the band(envelope) of which was 08(boiling) GOST503-81 of 12·0,5 mm size and the content presented chromium carbide – Cr₃C₂. On one layered, two-layered and three-layered overlaid samples the microhardness was measured at ПИМТ-3. In the case of one-layered, two-layered and three-layered overlaid the sharp increase of microhardness is indicative of the advantage of three-layered overlaid which hereafter will be reflected on the increase of wear-resistance of overlaid details.

Keywords: powder core wire, wear-resistant, overlaying welding, electroarc method.

დოკუმენტების გუნაბრიში და ხელოვნური დაბეჭედა

ორმოცაჲ ნ.შ., მესხიშვილი მ.მ., ბიბილეიშვილი დ.ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღევანდელ პირობებში იმ დოკუმენტების წილი, რომელთა ტექსტიც მთლიანად ხელთაა ნაწერი ძალზედ მცირეა, მაგრამ ამასთან ერთად ხელის მოწერა როგორც ხელნაწერი ტექსტის ნაირსახეობა ნებისმიერი ოფიციალური დოკუმენტის აუცილებელ რეკვიზიტს წარმოადგენს. ამიტომ ხშირად დოკუმენტის ტექსტის შედგენის დროს განსაზღვრას მიყვარებთ ხელის მოწერის დროს განსაზღვრამდე, რომელიც დოკუმენტზე დატანილი რეკვიზიტებიდან ერთ-ერთი უკანასკნელია.

ოფიციალური და არაოფიციალური დოკუმენტები და აგრეთვე პირადი დოკუმენტები, შექმნილი პროცესუალური ქმედებების ჩარჩოებს გარეთ, წარმოადგენენ ერთ ერთ ძირითად მტკიცებულებებს, ადმინისტრაციულ, არბიტრაჟულ და სისხლის სამართლის პროცესებზე. პროცესუალურ სამართალში მათი გამოყენების ერთ-ერთ სავალდებულო მოთხოვნას წარმოადგენს მათი ნამდვილობა. არანამდვილ მტკიცებულებად მიჩნეულია გაყალბებული დოკუმენტები და იურიდიული ძალის არ მქონე დოკუმენტები, აგრეთვე დოკუმენტები რომლებიც დამზადებულია სპეციალურად დადგენილი მოთხოვნების შეუსაბამოდ. წერილობითი მტკიცებულება და სხვა დოკუმენტები, ადმინისტრაციულ, არბიტრაჟულ, სამოქალაქო და სისხლის სამართლის საქმეზე შეიძლება იყოს აღიარებული დასაშვებად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ისინი ნამდვილია და იურიდიული ძალის მფლობელია. „ნამდვილი დოკუმენტის“ განიშარტება, როგორც დოკუმენტი, სადაც დოკუმენტის შემდგენელი ავტორის ვინაობა, დრო და შექმნის ადგილი ამტკიცებენ დოკუმენტის წარმოშობის ნამდვილობას, ხოლო დოკუმენტის იურიდიული ძალა განისაზღვრება იგივე სტანდარტით, როგორც ოფიციალური დოკუმენტის თვისებები. სახელმწიფოს სტანდარტით დადგენილია რომ ოფიციალურ დოკუმენტში დრო წარმოადგენს ტექსტის აუცილებელ რეკვიზიტს, რომელიც დოკუმენტში იწერება მინიმუმ ერთჯერ მაინც და აჩვენებს დოკუმენტის შედგენის, ან ხელმოწერის დამტკიცების, მიღების, შეთანხმების, გამოქვეყნების დროს. ამასთანავე ორი ან რამდენიმე ორგანიზაციის მიერ გაცემულ დოკუმენტებს უნდა ჰქონდეს დასმული ერთი და იგივე თარიღი. თუ დოკუმენტის ტექსტში მითითებული თარიღი არ შეესაბამება მისი შექმნის ნამდვილ დროს, ამ შემთხვევაში დოკუმენტი მინიმუმ მაინც უნდა იყოს აღიარებული არა იურიდიული ძალის მქონედ, ხოლო თუ დოკუმენტი გამიზნულად შექმნილია მითითებულ დროში მაშინ დოკუმენტი უნდა იქნას აღიარებული გაყალბებულად. შესაბამისად დოკუმენტის შექმნის დროს განსაზღვრა წარმოადგენს დოკუმენტის ავთენტურობის დადგენის ერთ-ერთ ხერხს, ან პირიქით მისი ფალსიფიცირების ფაქტის დადგენას.

უმრავლეს შემთხვევაში იურიდიული ან ფიზიკური პირების მიერ შექმნილი დოკუმენტები წარმოადგენს ქაღალდს, რომელზედაც ხელნაწერი ან არახელნაწერი ხერხით დატანილია ტექსტი, გამოსახულება, ხელმოწერა და ბეჭდის ან შტამპის ანაბეჭდი. შესაბამისად, დოკუმენტის მომზადების დროს დადგენა პიდაპირ დაკავშირებულია ქაღალდის დამზადების დროს დადგენასთან და აგრეთვე მასზე რეკვიზიტების დატანის დროს განსაზღვრასთან.

დოკუმენტის შექმნის დროს განსაზღვრისათვის ექსპერტული გამოკვლევის მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას მეთოდების ორი ჯგუფი. პირველს ჰქვია სტატიური, რომელსაც საფუძვლად უდევს დოკუმენტის შემადგენელი მასალების (ქაღალდი და საღებარი ნივთიერებები, რის საშუალებითაც დატანილია რეკვიზიტები) მახასიათებლების (თვისებები) დადგენა და მათი შედარება შესაბამისი ცნობარის მონაცემებთან ან შესადარებელ ნიმუშებთან, აგრეთვე დოკუმენტის შედგენის დროს ანუ სიძველის განსაზღვრა დროთა განმავლობაში დოკუმენტების მატარებელი და მასზე რეკვიზიტების დატანის ტექნოლოგიებისა ტექნიკური საშუალებების გამოჩენის

გათვალისწინებით. მოცემული ჯგუფი შესწავლილია ავტორების მიერ და გამოქვეყნებულია ნაშრომებისა და სახელმძღვანელოს სახით [1-4].

არსებობს ხელით ნაწერი ტექსტის შედგენის აბსოლუტური დროის განსაზღვრის რამდენიმე მიდგომა, რომლებიც საკმარისად თანმიმდევრობითაა აღწერილი საზღვარგარეთის კრიმინალისტიკურ ლიტერატურაში [5,6]. ერთ-ერთ ძირითადს წარმოადგენს ე.წ. მარკერების დაძველების – წერილის მასალების შემადგენლობაში შემავალი ამა თუ იმ კომპონენტების კონცენტრაციის (მასური წილის) შემცირების დინამიკის განსაზღვრა, რომლის დადგენაც შესაძლებელია კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებით. ქაღალდისა და მელნის ექსპერტები ქიმიური მეთოდების გამოყენებით ათარიღებენ, მიაკუთვნებენ, ახარისხებენ, წარმოშობას ადგენენ და ან კატალოგიზაციას ახდენენ სხვადასხვა ტიპის ქაღალდის, ქაღალდზე წყლის ნიშნის, მელნის, პრინტერის, ქსეროქსის, ფაქსის დანადგარების და ა.შ.

გაყალბების სპეციალისტები – ესენი არიან საჯარო ან კერძო ექსპერტები, რომლებიც ინფრაწითელი განათების, სპექტროგრაფიული ხელსაწყოებისა და ციფრული გამადიდებლების მეშვეობით სწავლობენ გადაკეთებულ, განადგურებულ, შეცვლილ ან ფალსიფიცირებულ დოკუმენტებს.

მეორე ჯგუფი მეთოდებისა ცნობილია როგორც დინამიური და იყოფა ორ ქვეჯგუფად. პირველი ქვეჯგუფის არსი დოკუმენტის მასალების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილების დადგენაა მისი შენახვისა და ექსპლოატაციის პროცესებში და შემდეგ შედარება ადრე დადგენილ ემპირიულ მონაცემებთან. მეორე ქვეჯგუფის მეთოდების გამოყენება დაფუძნებულია დოკუმენტის მასალების ექსპერტული გამოკვლევით გამოწვეული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილების დადგენაზე. დამოუკიდებლად პირველი და მეორე ქვეჯგუფის მეთოდებისაგან დოკუმენტის მატარებელისა და რეკვიზიტების დატანის დროის დადგენის გარდა, აუცილებელია დოკუმენტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილების მონაცემების ცოდნა დაძველების პროცესში. ორგანულ საღებრებზე დამზადებული გელის შემცველი კალმებით ნაწერი დოკუმენტების დაძველების დასადგენად გამოიყენება გაზური და თხევადი ქრომატოგრაფიული მეთოდები ულტრაიისფერ და ხილულ სპექტროფოტომეტრიასთან შერწყმით. არაორგანულ პიგმენტებზე დამზადებული გელის შემცველი მელნების კვლევისათვის მიმართავენ იონ-მიმოცვლითი მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებას.

დაძველება – ეს არის დოკუმენტის მასალებში მიმდინარე ფიზიკური და ქიმიური პროცესების ერთობლიობა მისი თვისებების შეუქცევადი ცვლილებებით დამთავრებული. დაძველების პროცესები თავის მხრივ შეიძლება დაიყოს ბუნებრივ და ხელოვნურად. ბუნებრივი დაძველებისას დოკუმენტის მასალების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები იცვლება ამ პროცესზე ადამიანის ხელოვნური ზემოქმედების გარეშე. მოქმედებს როგორც შინაგანი ისე გარეგანი ფაქტორები. შინაგანი ფაქტორები განპირობებულია მასალების სტრუქტურითა და შემადგენლობით, გარეგანი კი – შენახვის არის გარეგანი თვისებებითა და მახასიათებლებით.

როგორც წესი ბუნებრივი დაძველება მიმდინარეობს ე.წ. ბნელი სეიფური დაძველების პირობებში ანუ სინათლის ზემოქმედების გარეშე, ოთახის ტემპერატურაზე (18–20 °C), ტენიანობა 40–60%, ჰაერის კონვენციის გარეშე, სხვა დოკუმენტების მწკრივში.

დოკუმენტების დაძველებისას რომ დადგინდეს დოკუმენტის მატარებლის დამზადების დრო ან დოკუმენტზე ფერადი ნივთიერებებით რეკვიზიტების დატანის დრო, აუცილებელია დაძველების (მარკერის) მაჩვენებლის დამახასიათებელი თვისობრივ-რაოდენობრივი მნიშვნელობების ცვლილების გამოყენება.

ბუნებრივი დაძველების დროს დოკუმენტის მატარებელი ქაღალდი განიცდის შეუქცევად ცვლილებებს, რაც გამოწვეულია მისი შემადგენელი მცენარეული ბოჭკოების ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებებით. შესაბამისად მიმდინარეობს მისი მექანიკური სიმტკიცის ცვლილება. თანდათანობით ხდება ხისტი, მსხვრევადი, იცვლის ფერს ყვითლდება, ღრმა ცვლილებისას ყავისფერდება სხვადასხვა ინტენსივობით. ქაღალდის მატერიალური საფუძვლის შემადგენელი ბუნებრივი და სინთეტიკური პოლიმერები დროთა განმავლობაში განიცდის დეპოლიმერიზაციას, მაგრამ

ბუნებრივი დაძველებისას ეს პროცესები შედარებით ნელა მიმდინარეობს ვარიაციულობის მაღალი ხარისხით ქაღალდის შემადგენლობისაგან დამოკიდებულებით. მაგალითად საწერი ქაღალდის შენახვის ვადა პრაქტიკულად მთლიან დაშლამდე დაახლოებით 100 წელს შეადგენს, ხოლო ქაღალდი, რომლისგანაც ფულია დამზადებული გაცილებით დიდხანს ძლებს, რადგან ამ ქაღალდის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები გაცილებით მაღალია. ამ მიზეზებით აიხსნება ქაღალდის აბსოლუტური დროის დადგენის შეუძლებლობა.

ბუნებრივი დაძველებისას წერილის მასალებისათვის (მელანი, პასტა, გელი, ტიპოგრაფიული საღებრები და ა. შ.) იცვლება მათი თვისებრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა, მორფოლოგიური ანუ ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. მიმდინარეობს ნაწილობრივ გაუფერულება, გამოსუნება, რის შედეგადაც დროთა განმავლობაში მცირდება ქაღალდზე დატანილი წერილის მასალის კონტრასტულობა ან იცვლება ფერთა გამა. ფერების გამოსუნება, როგორც წესი გამოწვეულია ორგანული ბუნების საღებრების მოლეკულების დაშლით. საღებრების შემადგენელი სხვა კომპონენტები (შემავსებლები, შემსქელებლები, პლასტიფიკატორები, გამსხნელები და სხვები) ორთქლდება, მიმდინარეობს პოლიმერების დეპოლიმერიზაცია ან თერმული დაშლა უფრო მარტივ ნივთიერებებად. მაკრომოლეკულების პატარა ფრაგმენტებად დაშლის პარალელურად მიმდინარეობს ამ ფრაგმენტების შეერთების პროცესიც, რის შედეგადაც იცვლება საწყისი ქიმიური ნივთიერებების სტრუქტურა. ამგვარად წერილის მასალების ბუნებრივი დაძველების შედეგად ამ მასალების შემადგენლობაში შეიძლება გამოჩნდეს ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც საერთოდ არ იყო გამოყენებული მათ რეცეპტურაში. წერილის მასალებში რეკვიზიტების დატანის შემდეგ პირველ ეტაპზე ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილება მიმდინარეობს დიდი სიჩქარით. ეს ცვლილებები წერილის მასალებში შეიძლება იქნას დაფიქსირებული და სათანადოდ ინტერპრეტირებული დოკუმენტის კვლევისას, მაგრამ მხოლოდ იმ შემთხვევაში როცა დოკუმენტი ინახება სტანდარტულ სეიფურ პირობებში. მაგრამ როცა დოკუმენტი დაექვემდებარა ხელოვნურ დაძველებას დასკვნები დოკუმენტის სიძველის შესახებ შეიძლება იყოს მნიშვნელოვნად არაკორექტული. წერილის მასალების კვლევის ურღვევი და რღვევადი მეთოდებია დენსიტომეტრია, თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია, ოქე-მიკროსკოპია, ფურიე იწ-სპექტროფოტომეტრია, გაზური და თხევადი ქრომატოგრაფია მასსპექტრო-მეტრიასთან შერწყმით, და სხვა. ქაღალდის შემადგენელი ბოჭკოების იდენტიფიკაცია წარმოებს ფერადი რეაქციებისა და მიკროსკოპული მეთოდების გამოყენებით.

ხელოვნური დაძველება – ეს არის დოკუმენტის დაძველება სტანდარტული სეიფური დაძველებისაგან განსხვავებული. მაგალითად თუ დოკუმენტი ჰაერზე ღიად ინახება, უშუალოდ ჰაერის (ჟანგბადის) ზემოქმედების შედეგად ქაღალდისა და საღებარი ნივთიერებების ჟანგვითი დესტრუქციის რეაქციის სიჩქარე იზრდება. მაღალ ტემპერატურაზე შენახვისას ჩქარდება თერმული დაშლის პროცესი. ხოლო ტენიანობის გაზრდა ორივე ამ პროცესს აჩქარებს. ამ სამი ფაქტორის ერთდროულად არსებობის შემთხვევაში მასალების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილება რამდენჯერმე იზრდება.

ხელოვნური დაძველება შეიძლება ხდებოდეს როგორც გამიზნულად, ისე ბუნებრივადაც. ბუნებრივი დაძველება შეიძლება განპირობებული იყოს იმით, რომ დოკუმენტს ხმარობენ ან ინახავენ სტანდარტებისაგან განსხვავებულ პირობებში. მაგალითად დიდხანს ინახებოდა არა სხვა დოკუმენტების მწკრივში, არამედ ხანგრძლივად მზის სხივების პირდაპირი ზემოქმედების ქვეშ. ავტომობილში ზაფხულის პერიოდში დროებით დატოვებისას მათზე მოქმედებს მაღალი ტემპერატურა (60-70°C). უმრავლეს შემთხვევაში სადავო („სადავო“ დოკუმენტია ნებისმიერი სახის ხელმოწერა, ხელნაწერი, ნაბეჭდი ან სხვაგვარად შექმნილი საბუთი, რომლის წყარო ან ავთენტურობა სადავო ან ეჭვქვეშაა) დოკუმენტებიდან ხშირად კეთდება ასლი პლან-შეტური სკანერით. მრავალჯერადი კოპირებითა და სკანირებით დოკუმენტები განიცდიან სითბოსა და სინათლის ძალიან ინტენსიურ ზემოქმედებას, რის შედეგადაც იცვლება ქაღალდისა და საღებარი ნივთიერებების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

ფაქტიურად ასლების მისაღებად გამოყენებული აპარატები წარმოადგენს დოკუმენტების არაგამიზნულად ხელოვნური დაძველების საშუალებებს.

გამიზნული ხელოვნური დაძველება უმრავლეს შემთხვევაში გამოიყენება სამართალსაწინააღმდეგო მიზნით, მისი მიზანია გამიზნულად დოკუმენტების დაძველება სხვადასხვა მეთოდებით რათა ექსპერტებმა ვერ გაარკვიონ მასზე რეკვიზიტების დატანის ნამდვილი დრო, ან მიახლოებით დაძველება იმ ასაკამდე, რომელიც ტექსტშია მითითებული. აქ გამოიყენება რამდენიმე ძირითადი მეთოდი; თერმული ზემოქმედება, დასხივება სინათლით, ჰაერის ინტენსიური ზემოქმედება ან მათი კომბინაცია. თერმული ზემოქმედება შეიძლება იყოს დაბალი – 100°C -ზე ნაკლები ან მაღალი – 100°C -ზე მაღალი. დაბალტემპერატურული გამიზნული დაძველებისას სითბოს წყაროდ გამოიყენება ელექტროქურა, გაზქურა, თბილი ჰაერის დაბერვა ფენით და სხვა. განსაკუთრებული ნიშნები დაბალტემპერატურული ზემოქმედების არ შეიმჩნევა. მაღალტემპერატურული ზემოქმედება დოკუმენტებზე როგორც წესი ხორციელდება მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებული საგნებით, მაგალითად ცხელი უთოთი. ასეთი ზემოქმედების ნიშნები იოლად განისაზღვრება, რადგან დოკუმენტის ქაღალდის ზედაპირზე და რეკვიზიტების შტრიხებში მორფოლოგიური თვისებების ცვლილება ხდება. ამ დროს შეიმჩნევა სიპრიალე უბნებზე თერმული ზემოქმედების შედეგად. აგრეთვე შტრიხებში საღებარი ნივთიერებების გათხაპნა, გამოტანა შტრიხების საზღვრებს გარეთ. მაღალტემპერატურული ზემოქმედების შედეგად მნიშვნელოვნად იცვლება ქაღალდის ოპტიკური თვისებები და განსაკუთრებით კი ულტრაიისფერი გამოსხივებით გამოწვეული, ქაღალდის ხილვადი ლუმინესცენციის თვისებები და ინტენსიურობა.

საკმაოდ ხშირად დოკუმენტების დასაძველებლად ხდება მათი გატარება რამდენიმეჯერ საკოპიო თერმული ტონერის და ლაზერული პრინტერის გამოყენებით. ასეთი ზემოქმედების შედეგად ქაღალდის ზედაპირზე რჩება ტონერის მრავალრიცხოვანი ნაწილაკები, მითუმეტეს თუკი კარტრიჯის შევსება რამდენიმეჯერ მოხდა, რასაც ადგილი არ აქვს ქაღალდის ერთჯერადი გატარებისას ლაზერულ პრინტერსა და საკოპიო მოწყობილობაში. გარდა ამისა ქაღალდის მიმწოდებელ კვანძში ქაღალდის გავლისას ლაზერულ პრინტერსა და საკოპიო მოწყობილობაში $180-200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე ტონერის ნაწილაკების შეცხობა ქაღალდის ზედაპირზე, მიმდინარეობს რეკვიზიტების საღებარი ნივთიერებების ხელმეორედ გაცხელება, რის შედეგადაც რბილდება (ლღვება) და შემდეგ ხელახლა ცივდება. ამ დროს შტრიხები კარგავენ სიპრიალეს და ხშირად მათი ფრაგმენტები წყდებიან შტრიხებს. ხელოვნური დაძველების ნიშნები აშკარად არ შეიმჩნევა, მაშინ დოკუმენტების ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზით უნდა დადგინდეს ეს ფაქტი.

დოკუმენტის მომზადება უკანა რიცხვით ხელოვნურად გამიზნული დაძველებისათვის საკმაოდ ხშირად გამოიყენება. მაგრამ გამყალბებლებმა წინასწარ არ იციან მაგ. რამდენი საათი და რა ტემპერატურაზე, რა დრო დასჭირდება დოკუმენტს ნახევარი ან ერთი წლით დასაძველებლად. მიტომ ისინი აძველებენ დოკუმენტს მაქსიმალურად რის შედეგადაც საღებარში აღარ რჩება ის ნივთიერებები რომელიც უნდა იყოს მასში. პირიქითაც ხდება ექსპერტულ პრაქტიკაში დოკუმენტის რეკვიზიტების გაახალგაზრდავება. ამ პროცესის არსი შემდეგშია: მაგ. მარკერის შემადგენლობის ანალიზით ირკვევა, რომ ხელნაწერის შტრიხებში მისი შესრულება არ აჭარბებს რამდენიმე თვეს გამოკვლევის დაწყებამდე, მაგრამ არბიტრაჟული კვლევით დგინდება, რომ ეს მასალები საქმეში დევს უკვე 3 წელი.

ამგვარად, ექსპერტებმა არა მარტო უნდა დაადგინონ დოკუმენტის რეკვიზიტების აბსოლუტური დრო და რა ტექნოლოგიებით იყო გამიზნული თუ არა-გამიზნული გაყალბება უნდა გაითვალისწინონ აგრეთვე საკვლევი დოკუმენტების შენახვის, შეფუთვის და ტრანსპორტირების პირობებიც.

ლიტერატურა

1. ორმოცაძე ნ. დოკუმენტების ტექნიკურ კრიმინალისტიკური ექსპერტიზა, აწსშ 2013 ISBN 978-9941-432-43-9, გვ.192.
2. ორმოცაძე ნ.შ, ბიბილეიშვილი დ.ვ. ორგტექნიკური საშუალებების ქაღალდგამტარი კვალ-წარმომქმნელი მექანიზმის განსაკუთრებულობა, II საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები“, 2013, ქუთაისი, გვ. 235-238
3. ორმოცაძე ნ., ბიბილეიშვილი დ. გელის შემცველი შეღებებით შესრულებული ხელნაწერების აბსოლუტური ასაკის დადგენა. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2014
4. ნ. კოპალიანი, ნ. ლინტიბიძე, ნ. ორმოცაძე, რ. ფილია. გამოსახულებათა დამუშავების თეორიის გამოყენება დოკუმენტების იდენტიფიკაციის ამოცანებში MathCad-ის სისტემაში. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მდგრადი ენერგეტიკა: გამოწვევები და განვითარების პერსპექტივები“, 2016, ქუთაისი, გვ. 288-290
5. Brunelle R.L. Ink Dating – The State of the Art. // J. of Forensic Science. 1992.v.37. P. 113-124.
6. Yi-Ziliua, Jing Yub, Meng-Xia Xie. Classifikacion and dating of blek gel pen ink by ion-pairing high-performance liqvud chromatography. // J. Chromatography 2006.vol.1135.Iss.1.P. 57-64.

SUMMARY

NATURAL AND ARTIFICIAL AGING OF THE DOKUMENTS

Ormotsadze N.Sh., Meskhishvili M.M. and Bibileishvili D.V.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Georgian Technical University

The article deals with problems of establishing signs of natural and artificial (intentional and unintentional) aging of the dokuments, and their impact on the establishment of manufacturing limitations disputed dokuments to determine their authenticity, reliability of the eorigin of the fact of their falsification.

Keywords: natural and artificial aging.

ЭКОНОМНО ЛЕГИРОВАННЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕЙНИТНЫЙ ЧУГУН

Тавадзе Г.Ф., Цинцадзе И.Ш., Гордезиани Г.А., Табидзе Р.Г., Гვაзава С.Г., Хидашели Н.З.

Институт Metallургии и Материаловедения им. Фердинанда Тавадзе

Разработка новых составов и рациональных технологий упрочнения Fe-C сплавов становится особенно актуальной в связи с возрастающим промышленным интересом к высокопрочным бейнитным чугунам. Как известно, высокий уровень свойств указанных материалов достигается последовательным модифицированием, легированием и термической обработкой базовых чугунов. Формирование конечной структуры металлической матрицы определяется большим числом взаимосвязанных факторов, которые позволяют варьировать соотношение структурных компонентов и, соответственно, свойств в широких пределах.

Для упрочнения металлической матрицы и предотвращения образования в структуре перлита, стабилизации аустенита и увеличения прокаливаемости в состав бейнитных чугунов вводят Ni, Mo и Cu в различных комбинациях. Это обусловлено низкой эффективностью влияния этих элементов при раздельном вводе [1,2]. Перечисленные модификаторы относятся к дорогостоящим и дефицитным материалам.

Известно, что микродобавки бора [3,4] оказывают благоприятное воздействие на структурообразование чугуна и в сравнении с применяемыми позволяют более активно контролировать состояние межфазных и межзеренных границ металлической матрицы. Следует отметить, что для достижения положительного эффекта в состав чугуна необходимо ввести в 10...15 раз больше Ni, Mo и Cu, чем бора, который гораздо дешевле перечисленных элементов. При этом мало изученными остаются структурно-фазовые превращения в микролегированных бором чугунах при изотермической закалке.

В настоящей работе исследовано влияние микродобавок бора на изотермический распад аустенита в промежуточной области температур.

Для достижения максимальной трещиностойкости в качестве базового был выбран чугун с содержанием 2,2 – 2,4 % Si (таблица) и при микролегировании в расплав вводили максимально возможное количество бора [4]. Его концентрация в сплаве не превышала 0,03 %, так как в ходе предварительных экспериментов, было установлено, что при более высоких содержаниях обрабатываемость высокопрочных чугунов резко ухудшается.

Химический состав выплавленных чугунов представлен в таблице.

Химический состав чугунов

Чугун	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	S	P	B	Mg
Базовый	3,45	2,22	0,30	0,050	0,05	–	0,040
Микролегированный	3,47	2,25	0,25	0,004	0,05	0,03	0,045

Экспериментальные образцы подвергали термической обработке по режиму: аустенитизация при температуре 900°C в течении 60 минут → изотермическая закалка в интервале температур 240°C → 450°C с контролируемой от 2 до 60 минут выдержкой. Микроструктуру чугунов до и после термообработки изучали на металлографическом микроскопе Neophot 32. Кинетика распада исходного аустенита при изотермической выдержке экспериментальных образцов исследовали структурно-закалочным методом, количество остаточного аустенита в металлической матрице чугунов после термической обработки определяли на рентгеновском дифрактометре DRON-4 .

Анализ микроструктуры чугунов, изотермически закаленных по различным температурно-временным режимам, позволяет заключить, что кремний при содержании 2,2...2,4 % отрицательно влияет на образование в структуре металлической матрице цементита и, как следствие, препятствует формированию верхнего бейнита при изотермической выдержке образцов в интервале температур 300...370°C. Таким образом, в нелегированных высокопрочных чугунах распад исходного аустенита по верхне бейнитному механизму протекает в узком интервале температур 380...450°C, когда активизируются процессы диффузионного перераспределения углерода.

Согласно полученным данным, микролегирование указанных чугунов бором увеличивает диффузионную подвижность углерода, вследствие чего становится возможным получение бейнитных структур во всем диапазоне исследованных температур: 200...280°C – нижнего бейнита; 290...310°C – смешанного и 320...450°C – верхнего. Характерные микроструктуры исследованных чугунов представлены на рисунке.

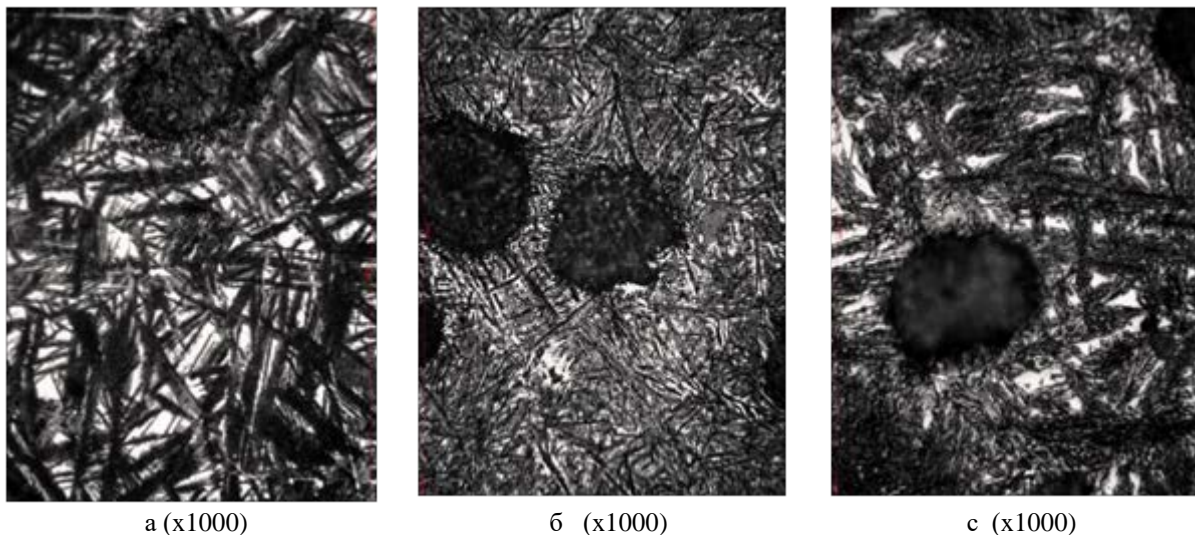


Рис.1. Микроструктура экономно легированных бором изотермически закаленных высокопрочных чугунов изотермическая закалка при: а – 280°C; б – 320°C; с – 400°C

Установлено, что микродобавки бора существенно влияют на кинетику процессов структурообразования высокопрочных чугунов при их термической обработке. В частности, на 15...20 % сокращается время аустенитизации и ускоряется начало бейнитного превращения по диффузионному механизму. Микролегированные высокопрочные чугуны характеризуются более высокой дисперсностью металлической матрицы. В структуре высокопрочных чугунов рентгеноструктурным анализом выявлены включения боридов железа. В плоскости шлифов также наблюдаются микрочастицы, предположительно нитридов бора. В зависимости от структуры металлической матрицы твердость экономнолегированных высокопрочных чугунов возрастает на 4...11 HRC.

Таким образом, применение бора в качестве легирующего компонента позволяет заменить Ni, Mo и Cu и сократить затраты на производство бейнитных чугунов.

ЛИТЕРАТУРА

1. V, France, S. Mrzygłod*, A. Kowalski**, I. Olejarczyk-Woźenska, Effect of heat treatment parameters on the formation of ADI microstructure with additions of Ni, Cu, Mo, Archives of Metallurgy and Materials, 2015, 60(3).
2. E. Konca, K.Tur, E.Koç Effects of Alloying Elements (Mo, Ni, and Cu) on the Austemperability of GGG-60 Ductile Cast Iron, Metals 2017, 7, 320 p.
3. R. Dojka *, A. Studnicki Influence of Boron on Crystallization and Microstructure of Ductile Cast Iron, Archives of foundry engineering, 2017, Volume 17, Issue 2, p. 15...20
4. Mitra, S., Roy, D., Bhattacharyya, T., Chattopadhyay, P. P. Effect of boron on the manufacturing process and final properties of ductile iron pipes (DI pipes). Ironmaking & Steelmaking, 2017, 45(1), 1–5.

SUMMARY

ECONOMICALLY ALLOYED HIGH-STRENGTH BAINITIC CAST IRONS

LELP Ferdinand Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

Tavadze G.F., Tsintsadze I.Sh, Gordeziani G.A., Tabidze R.G., Gvazava S.G. and Khidasheli N.Z.

The effect of boron microadditives on the phase transformations of austenite in the intermediate temperature range was studied in high-strength cast irons with 2.2–2.4% silicon content. Such silicon content in the cast iron provided high crack resistance of the studied alloys. To study the processes of structure formation during heat treatment of experimental high-strength cast irons, the methods of metallographic and X-ray diffraction analysis were used. The obtained results show that the silicon content in amount of 2.2-2.4% reduces the carbon diffusion activity, disturbs the formation of cementite in the metal matrix, as a result of which unalloyed basic cast irons are characterized by the narrow temperature range from 400 to 450°C with a formation of upper bainite. It is shown that microalloying of high-strength cast iron by boron in amount of 0.03 %, make possible to influence effectively on the kinetics of phase and structural transformations of initial austenite during isothermal holding in the temperature range from 240 to 450 °C. It has been determined that boron microadditives in the indicated temperature range ensure the formation of structure of both - upper and lower bainite. Depending on the structure of the metal matrix, the hardness of economically alloyed high-strength cast irons increases to 4-11HRC. Thus, using the boron as an alloying component allows the replace of Ni, Mo, and Cu and reduces the cost of producing bainitic cast irons.

Keywords: boron microadditives, isothermal holding, bainite, austenite, metallic matrix.

ECO-CHEMICAL ASSESSMENT OF TKIBULI HARD COAL

Supatashvili G.D., Takaishvili N.V., Labartkava N.A., Bregadze M.A. and Giorgadze N.V.

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. The content of regulated substances, such as sulfur, arsenic, chlorine and fluorine was determined in the samples taken from different Tkibuli mines. The official methods recommended by International and Russian regulatory agencies were used for quantitation of the above mentioned components in the hard coal. According to the obtained results Tkibuli hard coal can be considered to be ecologically relatively safe solid fuel.

Keywords: hard coal, sulfur, arsenic, chlorine.

Coal is the fossil fuel of vegetable origin, which contains 75–97% of carbon. Lots of normed elements (arsenic, beryllium, uranium etc.) are concentrated in coal in the form of admixtures and due to combustion they enter into atmosphere as exhaust gases or aerosols [1].

From the ecochemical viewpoint sulphur-containing compounds are the most undesirable coal admixtures, since sulphur dioxide originated as a result of their combustion is the main generator of acid rains [1,3,4]. Despite this fact annual coal consumption reaches $(2.8-3) \cdot 10^9$ tons, while its share in heat power engineering attains 90% [1].

According to specialists' assessment the world resources of coal, which equal $(4.7-8.6) \cdot 10^{12}$ tons will be sufficient for another 300–400 years .

Ash content, which is one of the determining parameters of coal quality, usually varies within the range of 5–10% and the less is the better.

Mineral substances in coal are represented in the form of silicates, gypsum, pyrite etc. Coal humidity also varies within 1–20%.

In Caucasus coal is extracted only in Georgia, where several coal deposits are known (Tkibuli, Tkvarcheli and others). Among them Tkibuli deposit, which is known since 1830, is distinguished by coal reserves and production level.

Construction of heat power plant with a capacity of 300 Megawatt is scheduled on the basis of Tkibuli coal. The basic controversial issue related to the project is negative ecological changes that may be caused due to functioning of Tkibuli heat power plant. Based on this fact, study of Tkibuli coal concerning the content of sulphur, chlorine, arsenic and their separated forms is a topical issue.

Sewage waters of dead rocks heaps (terricones) and waste waters of coal dressing enterprise, which drain into Tkibuli reservoir, are the reason of ecological state complication in Tkibuli zone.

From the ecochemical viewpoint sulphur is the most undesirable admixture of coal. Its content in coal changes in wide range and in some cases reaches 9–15%. As a rule, it is within the limits of 1–3.5%, and averagely – 1.5–4.7% [3, 6]. Weight percentage of sulphur in Georgian coals is 0.7–1.6% [1].

Sulphur occurs in coal in the form of pyrite, organic compounds and sulphates, more rarely in free and sulphide form [1, 4]. The share of sulphate form in coal is small (less than 0,1%) and commonly is equal to 0.1–0.2% of total sulphur. Finely dispersed pyrite is the major carrier of sulphur in coal. 50–70% of its total content falls at pyrite sulphur. The share of organic sulphur is also very high and equals to 27–45% of total sulphur [1, 4].

In the process of coal combustion all forms of sulphur, except of sulphate form, produce sulphate dioxide, annual environmental emission of which is assessed in 20 mln tons [1, 2]. 96% of sulphur presented in exhaust gases of heat power plants operating at coal falls at dioxide, while 4% - at trioxides [1] Sulphuric acid formed in the atmosphere as a result of sulphur dioxide oxidation and hydration is a generator of acid rains [1, 4]. 60–70% of acid rains fall at this source of environmental pollution [5]. After gas infrastructure development the content of sulphates in atmospheric precipitations has reduced by 0.5–1.9 mg/l (by 17% in average), while pH was increased by 0.15–0.20 units [3]. Except of the mentioned fact, dioxide entering into atmosphere (its concentration in the air in the vicinity of heat stations reaches 3.3 mg/l) reduces the photosynthesis processes in plants and promotes formation of smoke fog [1, 5].

Sulphur content in coal is limited due to negative effect on ecochemical state of the environment. According to current standards its share must not exceed 3% [3]. It is possible to desulphurize coal in the case of high sulphur content. With this objective in mind aqueous suspension is prepared from powdered coal, and first of all pyrite is deposited from this suspension (specific weights of coal and pyrite are 1.3–1.5 and 4.9–5.2, respectively). There is also elaborated the method of exhaust gases purification from sulphur dioxide, with it filtering through alkali solution [3]. Unfortunately, neither sedimentation method of desulphurization nor the method of sulphur dioxide washing in scrubbers are economically feasible due to their expensiveness.

Relatively less acute, but nevertheless local ecological problem is created by wash waters of dead rock heaps (terricones) and even more of their combustion deposits, and by waters of coal mines due to their high acidity and increased content of normed substances [2].

Samples ($n = 10$) were taken in 2014 from different Tkibuli mines according to the appropriate procedures. Content of regulated substances in them was determined with the use of international and/or Russian official methods (GOST 8606-93, GOST 30404-2000, ISO 157-1996). The humidity in the samples varied from 1.8 to 4.2%, while average ash content was 22.5% (it varied between 11.8-33.6%). Iron content in Tkibuli hard coal varies between 0.7–13.1 mg/kg and is equal to 6.1 mg/kg in average.

Sulfur-containing compounds are undesirable admixtures of solid fuel from ecochemical viewpoint. Usually sulfur content in hard coal is 15–22 g/kg, while maximum permissible concentration is less than 30 g/kg [1, 4].

According to sulfur content Tkibuli hard coal belongs to ecologically acceptable solid fuel since its total content does not exceed 11.7 g/kg and is equal to 8.5 g/kg average (Table 1). Total sulfur content was determined using Eschka method [ISO 334-1992]. Speciation of sulfur was performed based on different solubility of the compounds formed by different species in hydrochloric acid and nitric acid [ISO 157-1996]. According to this methodology 2g sample of hard coal was first extracted with hydrochloric acid (380 cm³ HCl diluted in 1 dm³ water, $d=1.19$ g/cm³) that resulted in extraction of sulfate forms. The solid residue was further extracted with 130 cm³ nitric acid ($d=1.42$ g/cm³) diluted in 1 dm³ water (pyrite form is oxidized and transforms into sulfate form). Precipitation obtained after acid treatment contains „organic“ sulfur (sulfur in organic compounds). Organic sulfur was determined by the difference between total sulfur content and the sum of sulfate and pyrite sulfur contents. Results, shown in Table 1, indicate that 59–78% of total sulfur is present as pyrite. That is why the content of total iron and sulfur in Tkibuli hard coal correlate well with each other (correlation coefficient $r = +0.53$). As expected, content of sulfate sulfur is low (0.47-0.97 g/kg), that is equal to 4–10% of total sulfur. No sulfide sulfur was observed in samples under investigation, while the content of organic sulfur changed between 14–32% of its total value.

Table 1. Content of total sulfur (g/kg) and its species (% from total sulfur) in Tkibuli hard coal

Sulfur	Minimum	Maximum	Average
Total sulfur	3.0	10.7	8.5
Sulfide sulfur	0	0	0
Pyrite sulfur	59	78	70
Sulfate sulfur	4	10	8
Organic sulfur	14	32	22

According to sulfate sulfur and sulfur remained in ash, amount of sulfur dioxide generated as a result of combustion one ton of hard coal is equal to 15–16 kg. This can be considered to be in the acceptable limits for the environment.

Hard coal is a natural concentrator of many regulated substances, including arsenic [1]. According to literature data, arsenic content in solid fuels varies in wide range and can reach several hundreds mg/kg [7].

Hard coals combustion products are the main sources of anthropogenic pollution of atmosphere [2].

Arsenic was determined by photometric method with the use of silver diethyldithiocarbamate, which forms reddish compound with arsine (arsenic hydride) [ISO 2590-2004]. Maximum content of arsenic in samples studied reached 5.9 mg/kg, while average content was 2.4 mg/kg (Table 2). This is

far below the allowed limit (0.02% [6]). The average content of arsenic was 3.3 mg/kg in the hard coal combustion ash corresponding to 0.9 mg/kg in terms of hard coal. As it well known, pyrite admixtures are the basic carriers (source) of arsenic in hard coal. That is why good correlation between total iron and arsenic contents ($r = +0.95$) was observed [7].

As is seen from obtained results, average content of volatile form of arsenic is 1.5 mg/kg, that in average is equal to 42% of its total content. Appropriate calculations show that arsenic concentration in exhaust gases will be less than 0.1 mg/m³ that will be reduced several times after mixing with the air (maximum permissible concentration of arsenic in the air is 0.003 mg/m³ [4]). Soils and ground waters pollution even by ash originated as a result of hard coal combustion is less likely, since arsenic content in products of their water leaching is less than 0.1–0.7 mkg/l, and averagely equals to 0.2 mkg/l (Table 2).

Table 2. Content of arsenic in Tkibuli hard coal and its combustion products (mg/kg in hard coal)

Subject	Form	Minimum	Maximum	Average
Hard coal	Total	0.3	5.9	2.4
Ash	Total	0.2	1.5	0.8
Ash	Soluble in water	< 0.1	0.7	0.2
Volatile	Total	0,1	4.5	1.6

Information on total chlorine content in coal, all the more about chlorine forms is scarce. According to sources available for us, mass share of chlorine varies within the range of 0.01–0.50%. Based on other data, 83–106 mg/kg of chlorine is found in coal. Chlorine is presented in the coal in the form of halite (sodium chloride) or sylvine (potassium chloride), while the remaining part is associated with organic compounds. Oil also contains chlorine in small quantities (0.16–0.8 g/kg). Low chlorine concentration in solid fuels is caused by its low content in plants ($n=0.01\%$ in plant ash [6]) and low sorption activity of chloride-ions in peat during coal formation process.

While chlorine content in coal reaches 0.3–0.7%, in the process of its combustion may form hydrogen chloride and dioxins, which contaminate the environment along with exhaust gases [2]. Their quantity in exhaust gases can be assessed according to chlorine remained in ash (0.1–0.4%). As of today according to effective standards maximum allowable concentration of chlorine in coal is 0.60%, or 6 g/kg [6].

Tkibuli coal is not studied regarding the content of halogens, including chlorine and its separate forms. Therefore, the information acquired by us, will fill a gap existing in this field of knowledge, at least partly. Except of coal, we also identified the content of chloride-ions in its ash that makes possible calculation of chlorine entering into atmosphere in the process of coal combustion.

Content of fluorides and chlorides in hard coal is also regulated, since during combustion halogen hydrides, dioxins and other toxic compounds can be formed. According to obtained results, fluorides content in Tkibuli hard coal is low (0–14 mg/kg, average 8 mg/kg) and it is much lower than permissible limit (500 mg/kg).

Total chlorine content in Tkibuli hard coal (variation between 1.0–2.7, in average – 1.8 g/kg, Table 3) also turned out to be less than maximum permissible value (0.60% [6]). The part of chlorides in hard coal (17% in average) is present in water-soluble form. Chloride ions concentration in extracts was in a good correlation with specific electric conductivity of solution (correlation coefficient $r=+0.62$). Content of 0.4–1.4 g/kg Na⁺ and 0.4–1.9 g/kg K⁺ in the products of water leaching along with chloride ions points at the presence of halite and sylvite.

Table 3. Content of total chlorine (g/kg) and its separate forms (%) in Tkibuli hard coal

Chlorine	Minimum	Maximum	Average
Total	1.0	2.7	1.8
Soluble in water	3	66	17
Ash	15	40	30
Volatile	60	86	70

Based on chlorine content in the ash (Table 3), one can conclude that its major part escapes during combustion process. As far as there was no chlorine in extracts obtained with the use of organic solvents (hexane, acetone), one should suppose that volatilization of chlorides occurs in the form of iron and aluminum chlorides originated at high temperature. Process modeling showed that 40–86% of chlorides escapes as a result of drying of 2.0 ml of 0.1 N NaCl solution and its heating up to 700–750⁰ in the presence of 5–10 mg of Fe₂O₃ or Al₂O₃.

Therefore, the contents of sulfur and its forms, as well as arsenic and chlorine contents are determined in samples taken from different mines of Tkibuli hard coal. Humidity and ash content are identified. According to obtained results we may conclude that Tkibuli hard coal belongs to ecologically clean solid fuels.

REFERENCES

1. Supatashvili G. Environmental Chemistry (Eco Chemistry). Tbilisi, 2009, pp. 20-21, 75-77, 92-93 (in Georgian).
2. Henrich D. Ecology. Moscow, 2003, pp. 87-88 (in Russian).
3. Supatashvili G. Hydrochemistry of Georgia. Tbilisi, 2003, pp. 50-52 (in Russian).
4. Takaishvili N. Turbidimetric Determination of Sulfate-ions in Environmental Objects. Abstract. Tbilisi, 2002, (in Georgian).
5. Papunadze V., Khatisashvili G., Sadunishvili T. Plants for Healthy Environment. Batumi, Adjara, 2005, pp. 39-40, 45 (in Georgian).
6. GOST R. 51591-2000. Coals - Brown, Hard, Anthracite. Technical Requirements (in Russian).
7. Supatashvili G., Loria N., Labartkava N. Arsenic in Environment of Georgia, 2006 (in Russian).

РЕЗЮМЕ

ЭКОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТКИБУЛЬСКОГО УГЛЯ

Супаташвили Г.Д., Такашвили Н.В., Лабарткава Н.А., Брегадзе М.А., Гиоргадзе Н.В.

Тбилисский Государственный Университет им. Ив. Джавахишвили¹

В пробах, взятых из разных шахт Ткибульского месторождения каменного угля определены содержания нормированных элементов, таких как сера, мышьяк, хлор и фтор. Для определения содержания выше перечисленных компонентов были использованы методы, официально рекомендованные международными и российскими регулирующими агентствами. Основываясь на полученных результатах исследования Ткибульский уголь можно считать экологически сравнительно безвредным твердым топливом.

Ключевые слова: уголь, сера, мышьяк, хлор.

ჰალოგენწყალბადების ორბანულ ნაერთებთან ჰიდროჰალოგენირების
ძვანტურ-ქიმიური მოდელირება

შეჩულია ზ.გ., ირემაშვილი დ.ჯ., ტაბატაძე ლ.გ.

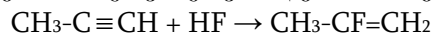
სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქიმიური რეაქციების მექანიზმის შესწავლა წარმოადგენს თანამედროვე ქიმიის ერთ-ერთ აქტუალურ ამოცანას. სპექტრომეტრული (ინფრაწითელი, ულტრაიისფერი) და ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის მეთოდებთან ერთად მოლეკულების აღნაგობისა და რეაქციების მექანიზმის დადგენაში უკანასკნელ წლებში ფართო გამოყენება პოვა ქვანტურ-ქიმიურმა მეთოდებმა.

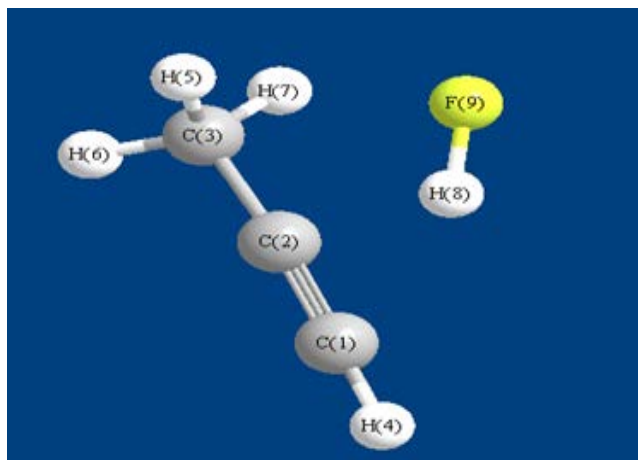
შესწავლილია ფტორწყალბადის პროპინთან ურთიერთქმედების – ჰიდროჰალოგენირების რეაქციები ქვანტურ-ქიმიური მოდელირებით. ფტორწყალბადის ურთიერთქმედება პროპინთან მარკოვნიკოვის წესის მიხედვით მიმდინარეობს ორ სტადიად. პირველ სტადიაზე ხდება სამმაგი ბმის გაწყვეტა 2-ფტორპროპენის წარმოქმნით. მეორე სტადიაზე ხდება ორმაგი ბმის გაწყვეტა 2,2-დიფტორპროპანის წარმოქმნით.

შესწავლილ იქნა ფტორწყალბადის პროპინთან ურთიერთქმედება ხარაშის ეფექტით, რომლის დროსაც უჯერ ნახშირწყალბადებთან ჰალოგენწყალბადების მიერთებისას წყალბადის ატომი უერთდება უჯერი ბმის წარმოქმნელ უფრო ნაკლებად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადატომს, ჰალოგენი კი მეტად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადატომს. ფტორწყალბადის ურთიერთქმედება პროპინთან ხარაშის ეფექტის მიხედვით მიმდინარეობს ორ სტადიად. პირველ სტადიაზე ხდება სამმაგი ბმის გაწყვეტა 1-ფტორპროპენის წარმოქმნით. მეორე სტადიაზე კი ორმაგი ბმის გაწყვეტა 1,2-დიფტორიკუპროპანის წარმოქმნით.

არსებული მეთოდიკით რეაქციის პროდუქტის სრული ჩვენების და რეაქციის მექანიზმის ჭეშმარიტების დადგენის მიზნით ნახევრადემპირიული ქვანტურ-ქიმიური მეთოდის AM1-ის გამოყენებით გამოთვლილ იქნა 2-ფტორპროპენის, 2,2-დიფტორპროპანისა და 1-ფტორპროპენის, 1,2-დიფტორპროპანის ენერგეტიკული და ელექტრონული მახასიათებლები. თავდაპირველად განხილულ იქნა ფტორწყალბადისა და პროპინის მოლეკულის ურთიერთქმედება მარკოვნიკოვის წესის მიხედვით:



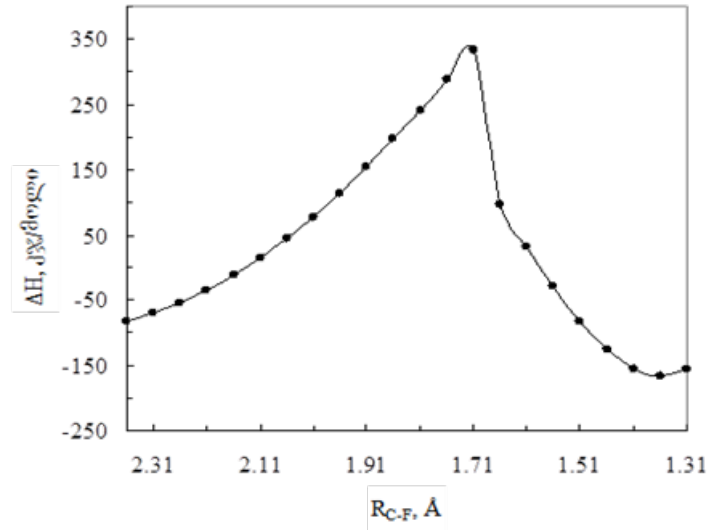
მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა

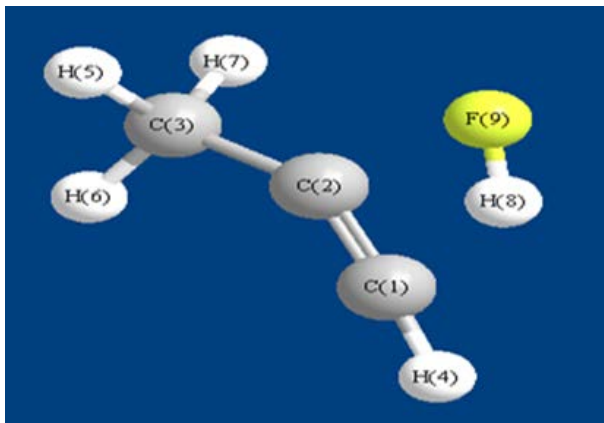
მანძილი ნახშირბადის C₁ ატომსა და წყალბადის H₈ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და ფტორის F₉ ატომს შორის აღებულ იქნა 1,0 Å-ით მეტი, ვიდრე ბმის მანძილი საბოლოო პროდუქტში (1,36 Å). R_{C1-H8}, R_{C2-F9} მანძილების ცვლილება

ნახშირბადის C₁ ატომსა და წყალბადის H₈ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და ფტორის F₉ ატომს შორის ხდებოდა 0,05 Å-ის ინტერვალით. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადის ატომსა და ფტორის ატომს შორის R_{C-F} მანძილზე მოცემულია ნახ. 2-ზე.

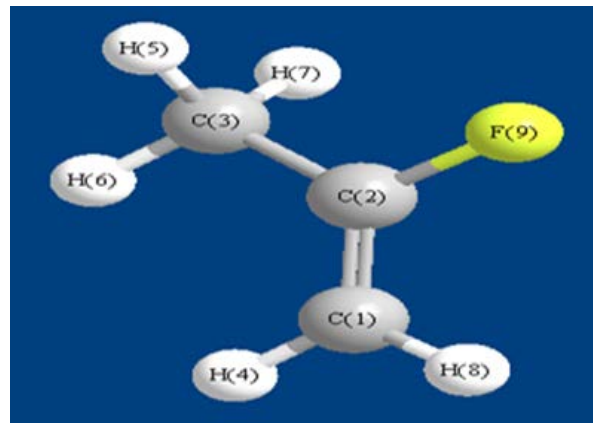


ნახ. 2. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადისა და ფტორის ატომებს შორის R_{C-F} მანძილზე

როგორც ნახ. 2-დან ჩანს, ფტორის ატომის F₉ მიახლოებისას ნახშირბადის C₂ ატომთან R_{C-F} = 1,71 Å მანძილამდე, სისტემის ენერჯია იზრდება. ბმის რიგი C₂ და F₉ ატომებს შორის იზრდება (0,006860-1,003672). შეიმჩნევა ახალი ბმის წარმოქმნა: P_{C₁-H₈} = = 0,004519-0,955054; შუალედური მდგომარეობის სტრუქტურა მოცემულია მე-3 ნახ.-ზე.



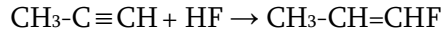
ნახ. 3. სისტემის შუალედური მდგომარეობა



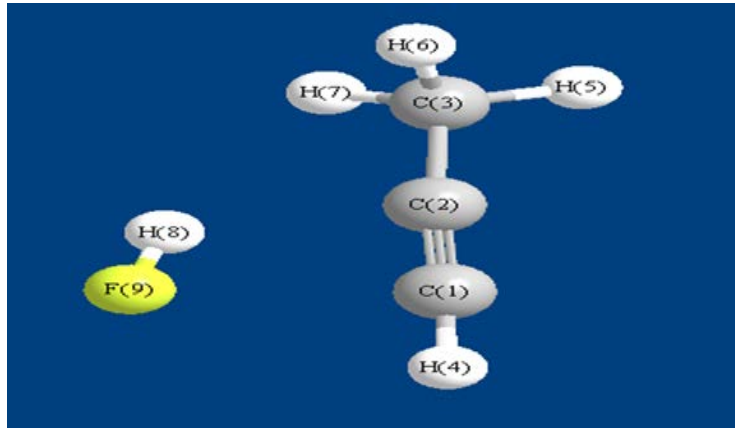
ნახ. 4. რეაქციის პროდუქტის საბოლოო მდგომარეობა

მანძილი R_{C-F} რეაქციის პროდუქტში შეადგენს 1,36 Å-ს. მოცემული სქემით მიმდინარეობისას რეაქციის აქტივაციის ენერჯია ΔΔH* = 416,86 კჯ/მოლი, ხოლო რეაქციის სითბო ΔΔH = - 83,18 კჯ/მოლი. როგორც ვხედავთ, რეაქცია ეგზოთერმულია.

ფტორწყალბადის პროპინთან ურთიერთქმედება ასევე მიმდინარეობს ხარაშის ეფექტის მიხედვით, რომლის დროსაც უჯერ ნახშირწყალბადებთან ჰალოგენწყალბადების მიერთებისას წყალბადის ატომი უერთდება უჯერი ბმის წარმოქმნელ უფრო ნაკლებად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადატომს, ჰალოგენი კი მეტად ჰიდროგენიზებულ ნახშირბადატომს. ხარაშის ეფექტით რეაქცია გამოისახება შემდეგნაირად:

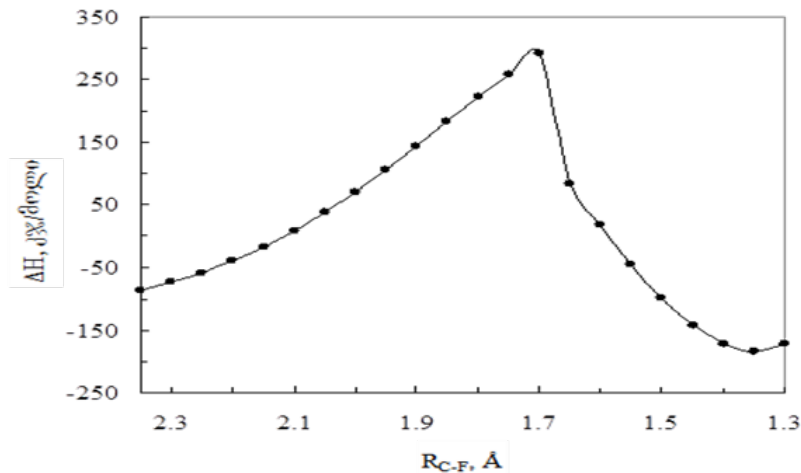


მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა მოცემულია ნახ. 5-ზე.



ნახ. 5. მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა

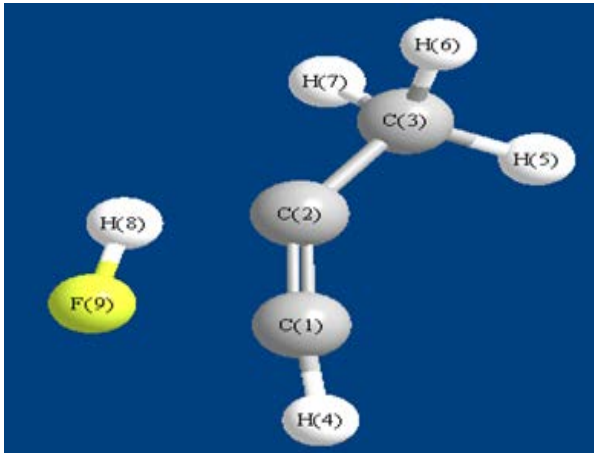
მანძილი ნახშირბადის C₁ ატომსა და ფტორის F₉ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და წყალბადის H₈ ატომს შორის აღებულ იქნა 1,0 Å-ით მეტი, ვიდრე ბმის მანძილი საბოლოო პროდუქტში (1,35 Å). R_{C1-F9}, R_{C2-H8} მანძილების ცვლილება ნახშირბადის C₁ ატომსა და ფტორის F₉ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და წყალბადის H₈ ატომს შორის ხდებოდა 0,05 Å-ის ინტერვალით. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადის ატომსა და ფტორის ატომს შორის R_{C1-F9} მანძილზე მოცემულია ნახ. 6-ზე.



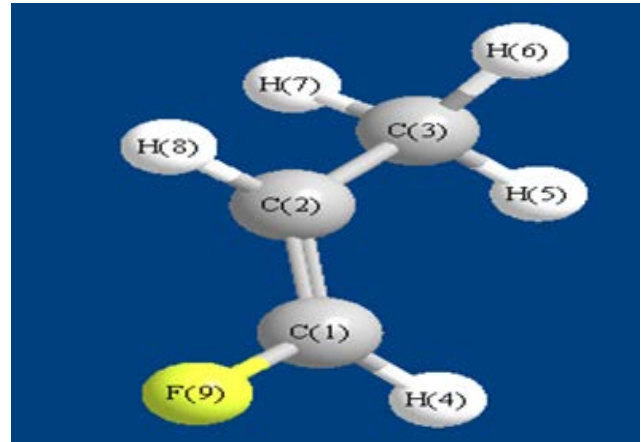
ნახ. 6. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადისა და ფტორის ატომებს შორის R_{C1-F9} მანძილზე

როგორც ნახ. 6-დან ჩანს, ფტორის ატომის F₉ მიახლოებისას ნახშირბადის C₁ ატომთან R_{C-F} = 1,70 Å მანძილამდე, სისტემის ენერჯია იზრდება. ბმის რიგი C₁ და F₉

ატომებს შორის იზრდება (0,007661-1,015395). შეიმჩნევა ახალი ბმის წარმოქმნა: $R_{C2-H8} = 0,004288-0,947612$; შუალედური მდგომარეობის სტრუქტურა მოცემულია ნახ. 7-ზე.



ნახ. 7. სისტემის შუალედური მდგომარეობა



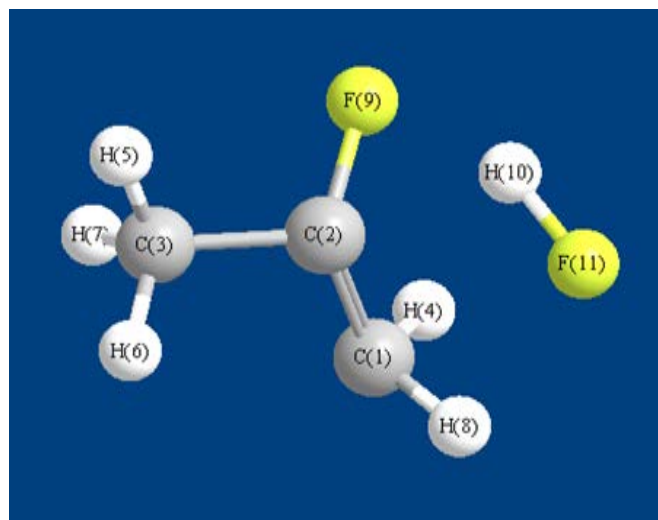
ნახ. 8. რეაქციის პროდუქტის საბოლოო მდგომარეობა

მანძილი R_{C1-F9} რეაქციის პროდუქტში შეადგენს 1,35 Å-ს. მოცემული სქემით მიმდინარეობისას რეაქციის აქტივაციის ენერგია $\Delta\Delta H^* = 378,46$ კჯ/მოლი, ხოლო რეაქციის სითბო $\Delta\Delta H = -97,03$ კჯ/მოლი. როგორც ვხედავთ, რეაქცია ეგზოთერმულია.

მე-2 სტადიაზე მარკოვნიკოვის წესის თანახმად რეაქცია გამოისახება შემდეგნაირად:



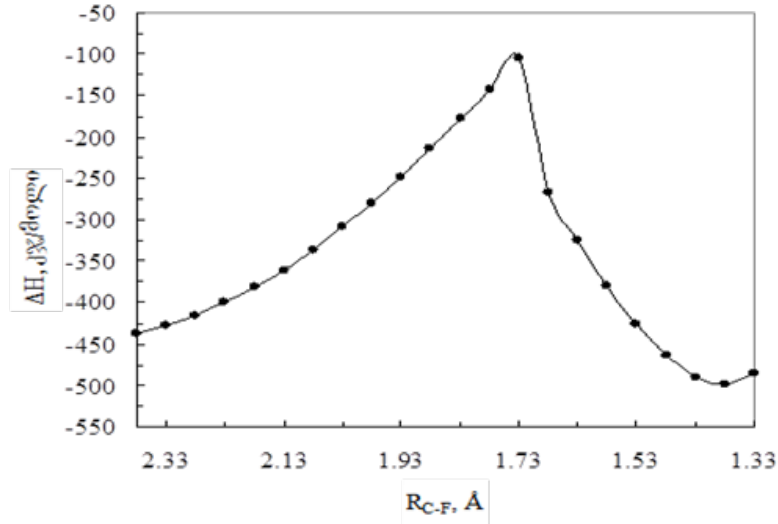
მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა მოცემულია ნახ. 9-ზე.



ნახ. 9. მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა

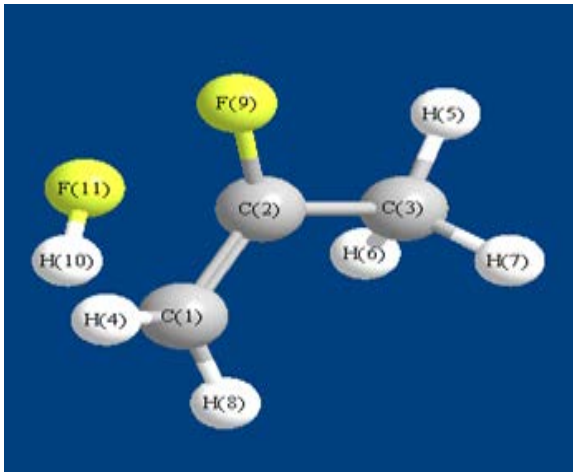
მანძილი ნახშირბადის C_1 ატომსა და წყალბადის H_{10} ატომს შორის, ნახშირბადის C_2 ატომსა და ფტორის F_{11} ატომს შორის აღებულ იქნა 1,0 Å-ით მეტი, ვიდრე ბმის მანძილი საბოლოო პროდუქტში (1,38 Å). R_{C1-H10} , R_{C2-F11} მანძილების ცვლილება

ნახშირბადის C_1 ატომსა და წყალბადის H_{10} ატომს შორის, ნახშირბადის C_2 ატომსა და ფტორის F_{11} ატომს შორის ხდებოდა $0,05 \text{ \AA}$ -ის ინტერვალით. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადის ატომსა და ფტორის ატომს შორის $R_{C_2-F_{11}}$ მანძილზე მოცემულია ნახ. 10-ზე.

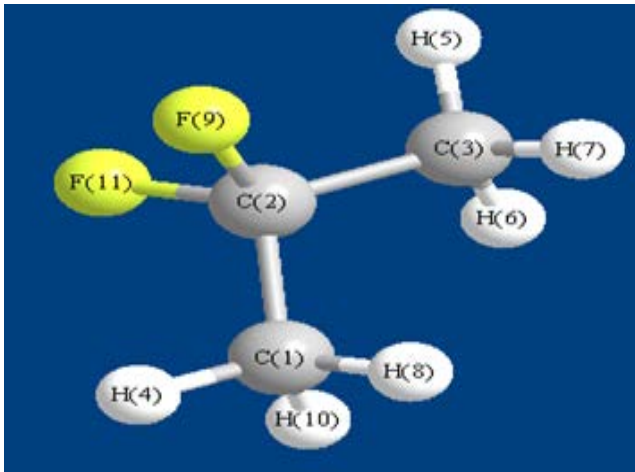


ნახ. 10. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადისა და ფტორის ატომებს შორის $R_{C_2-F_{11}}$ მანძილზე

როგორც ნახ. 10-დან ჩანს, ფტორის ატომის F_{11} მიახლოებისას ნახშირბადის C_2 ატომთან $R_{C-F} = 1,73 \text{ \AA}$ მანძილამდე, სისტემის ენერჯია იზრდება. ბმის რიგი C_2 და F_{11} ატომებს შორის იზრდება ($0,008567-0,958226$). შეიმჩნევა ახალი ბმის წარმოქმნა: $P_{C_1-H_{10}} = 0,005083-0,973264$; შუალედური მდგომარეობის სტრუქტურა მოცემულია ნახ. 11-ზე.

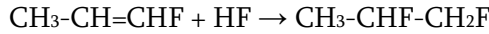


ნახ. 11. სისტემის შუალედური მდგომარეობა

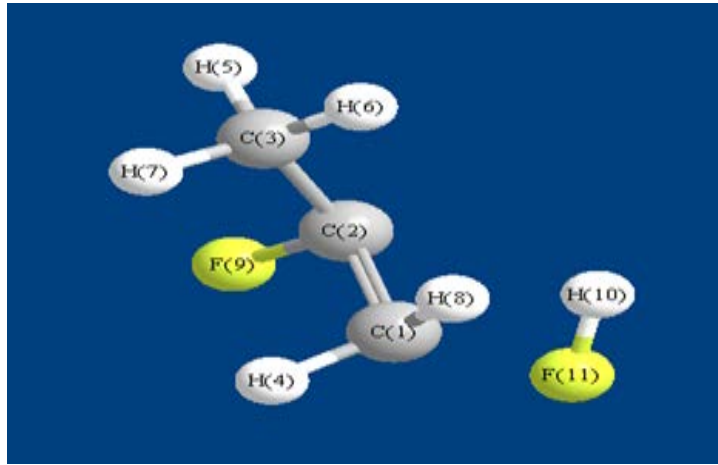


ნახ. 12. რეაქციის პროდუქტის საბოლოო მდგომარეობა

მანძილი $R_{C_2-F_{11}}$ რეაქციის პროდუქტში შეადგენს $1,38 \text{ \AA}$ -ს. მოცემული სქემით მიმდინარეობისას რეაქციის აქტივაციის ენერჯია $\Delta\Delta H^* = 332,78 \text{ კჯ/მოლი}$, ხოლო რეაქციის სითბო $\Delta\Delta H = -61,10 \text{ კჯ/მოლი}$. როგორც ვხედავთ, რეაქცია ეგზოთერმულია. მეორე ეტაპზე ხარაშის ეფექტის თანახმად რეაქცია გამოისახება შემდეგნაირად:

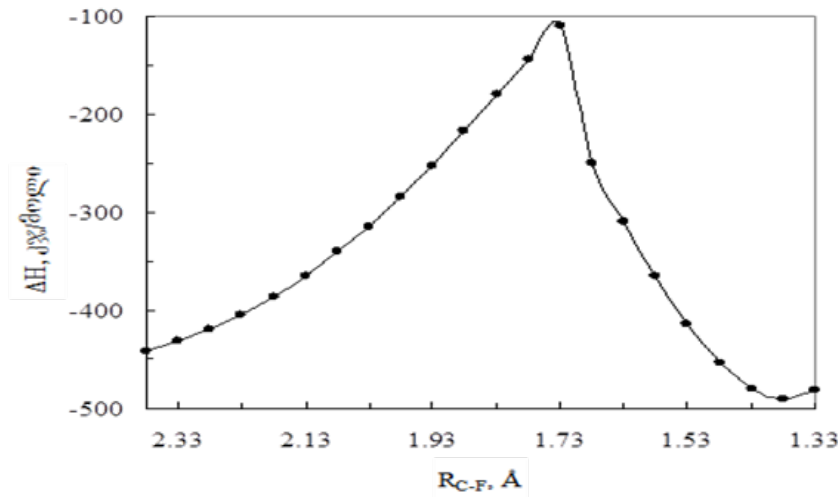


მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა მოცემულია ნახ. 13-ზე.



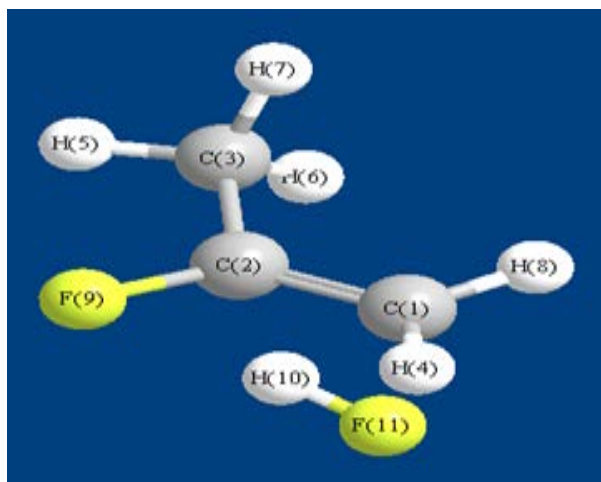
ნახ. 13. მორეაგირე ნივთიერებების საწყისი მდგომარეობა

მანძილი ნახშირბადის C₁ ატომსა და ფტორის F₁₁ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და წყალბადის H₁₀ ატომს შორის აღებულ იქნა 1,0 Å-ით მეტი, ვიდრე ბმის მანძილი საბოლოო პროდუქტში (1,38 Å). R_{C1-F11}, R_{C2-H10} მანძილების ცვლილება ნახშირბადის C₁ ატომსა და ფტორის F₁₁ ატომს შორის, ნახშირბადის C₂ ატომსა და წყალბადის H₁₀ ატომს შორის ხდებოდა 0,05 Å-ის ინტერვალით. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადის ატომსა და ფტორის ატომს შორის R_{C1-F11} მანძილზე მოცემულია ნახ. 14-ზე.

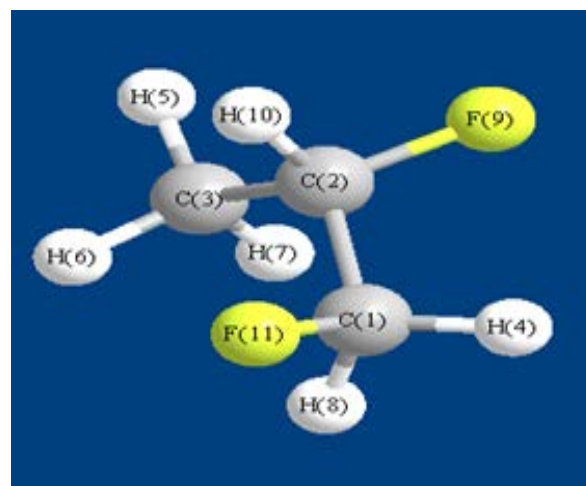


ნახ. 14. სისტემის ენერჯის ცვლილების (ΔH) დამოკიდებულება ნახშირბადისა და ფტორის ატომებს შორის R_{C1-F11} მანძილზე

როგორც ნახ. 14-დან ჩანს, ფტორის ატომის F₁₁ მიახლოებისას ნახშირბადის C₁ ატომთან R_{C-F} = 1,73 Å მანძილამდე, სისტემის ენერჯია იზრდება. ბმის რიგი C₁ და F₁₁ ატომებს შორის იზრდება (0,007599-0,983125). შეიმჩნევა ახალი ბმის წარმოქმნა: R_{C2-H10} = 0,003957-0,944695; შუალედური მდგომარეობის სტრუქტურა მოცემულია ნახ. 15-ზე.



ნახ. 15. სისტემის შუალედური მდგომარეობა



ნახ. 16. რეაქციის პროდუქტის საბოლოო მდგომარეობა

მანძილი R_{C1-F11} რეაქციის პროდუქტში შეადგენს 1,38 Å-ს. მოცემული სქემით მიმდინარეობისას რეაქციის აქტივაციის ენერგია $\Delta\Delta H^* = 332,95$ კჯ/მოლი, ხოლო რეაქციის სითბო $\Delta\Delta H = -48,61$ კჯ/მოლი. როგორც ვხედავთ, რეაქცია ეგზოთერმულია.

აქტივაციის ენერგიებისა და რეაქციის სითბური ეფექტების შედარებიდან გამომდინარე ჰიდროფტორირების რეაქცია პროპინსა და ფტორწყალბადს შორის მეორე სქემით (ხარაშის ეფექტი) ენერგეტიკულად უფრო ხელსაყრელია, ხოლო ჰიდროფტორირების რეაქცია პროპენსა და ფტორწყალბადს შორის პირველი სქემით (მარკოვნიკოვის წესი) ენერგეტიკულად უფრო ხელსაყრელია სითბური ეფექტის უპირატესობის გამო. ასეთი შედეგები ეწინააღმდეგება მარკოვნიკოვის წესს, მაგრამ სრულ თანხმობაშია ხარაშის ეფექტთან. ჭეშმარიტების დადგენისათვის აუცილებელია ფაქტიური ექსპერიმენტის ჩატარება და ქვანტურ-ქიმიური გამოთვლების უფრო სრულყოფილი არაემპირიული მეთოდების გამოყენება.

ლიტერატურა

1. ქრისტინე გიორგაძე, ნოდარ ლეკიშვილი; ზოგადი და არაორგანული ქიმია. ნაწ. 2: ქიმიური ელემენტები. ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა 2017, 360 გვ.
2. Tabatadze L., Shengelia N., Pachulia Z., Vekua E., Gakhokidze R. Refinement of drugs in order to reduce toxic impacts and increase the therapeutic effects. /International Scientific Conference „Modern researches and prospects of their use in chemistry, chemical engineering and related fields“, 2016, September 21-23, Ureki – Georgia, pp. 178.
3. Dewar M.J.S., Zoebisch E.G., Healy E.F., and Stewart J.J.P. AM1: A New General Purpose Quantum Mechanical Molecular Model. // J. Am.Chem.Soc., 1985, 107, pp. 3902-3909.
4. Sérgio Filipe Sousa, António J. M. Ribeiro, Rui P. P. Neves, Natércia F. Brás, Nuno M. F. S. A. Cerqueira, Pedro A. Fernandes; Application of quantum mechanics/molecular mechanics methods in the study of enzymatic reaction mechanisms; 01 September 2016. Alan Hinchliffe; Molecular Modelling for Beginners; UMIST, Manchester, UK, 2003; p. 430

SUMMARY

QUANTUM-CHEMICAL MODELING OF HYDROHALOGENATION WITH HALOGENATED ORGANIC COMPOUNDS

Pachulia Z.V., Iremashvili D.J. and Tabatadze LV.
Sokhumi State University

Quantum-chemical modeling of hydrohalogenation under the with effect of Markovnikov and Harash is discussed in the reaction coordinate mode. Semi-empirical AM1 (Austin Model 1) Modern quantum-chemical methods are used to calculate the energy and electronic properties of 2-fluoropropene, 2,2-difluoropropane and 1-fluoropropene, 1,2-difluoropropane.

Keywords: quantum-chemical modeling, hydrohalogenation.

1,4-ბის [დიალკილეთილარსონიუმ] – 1,4-დიჰიდრონაფტალინების დიოდიდების მათემატიკურ-ქიმიური შესწავლა

რობაქიძე ნ.ზ., კვერნაძე მ.ს.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მათემატიკური ქიმია თანამედროვე თეორიული ქიმიის შედარებით ახალი დარგია. იგი წარმოიქმნა ქიმიისა და უმაღლესი ალგებრის გარკვეული სიმბიოზის შედეგად და მისი მეთოდების გამოყენებით გადაჭრილია თეორიული ქიმიის მრავალი მნიშვნელოვანი პრობლემა [1,2].

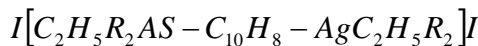
ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი მათემატიკური ქიმიის პრობლემატიკის კვლევის უმძლავრესი საშუალებაა. დღეისათვის არსებულ დაახლოებით ექვს ათეულ ტოპოლოგიურ ინდექსს შორის, შვიდი კონსტრუირებულია მათემატიკური ქიმიის ქართული სკოლის მიერ [3]. ამ შვიდ ტოპოლოგიურ ინდექსს შორის, განსაკუთრებულად ვრცლად აპრობირებულია ორი – $Ig(\Delta_{\alpha\beta\gamma})$ და $Ig(\Delta_{\beta\alpha\gamma})$ [4].

$Ig(\Delta_{\alpha\beta\gamma})$ წარმოადგენს ანბ-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის ათობით ლოგარითმს. ანბ-მატრიცა კვადრატული და სიმეტრიულია. მისი დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები, არადიაგონალური ელემენტებია. ქიმიური ბმების ჯერადობები. ანბ-მატრიცის რანგი მოლეკულაში შემავალი ატომების რიცხვის ტოლია. ABC სამტომიანი მოლეკულის შესაბამისი ანბ-მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

$Ig(\Delta_{\beta\alpha\gamma})$ წარმოადგენს ქანბ – (ქვაზი-ანბ) მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის ათობით ლოგარითმს. ფორმალურად მას (1) სახე გააჩნია, ოღონდ იმ შემთხვევაში დიაგონალური ელემენტები წარმოადგენენ მოლეკულის ცალკეულ სტრუქტურულ ფრაგმენტებში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამს, არადიაგონალური ელემენტები – ქიმიურ ბმების ჯერადობებია ამ სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის. ამგვარად, ქანბ-მატრიცის კონსტრუირება ხდება არა მოლეკულის, არამედ მისი გარკვეული მოდელის ბაზაზე, რაც ნოვატორული მიდგომაა მათემატიკურ ქიმიაში.

ცხრილში 1,2-ბის [დიალკილეთილარსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინის დიოდიდებისათვის მოყვანილია $Ig(\Delta_{\beta\alpha\gamma})$ და (მოლური ელექტროგამტარობა) [5]. ამ ნაერთების ზოგადი ფორმულაა:



მათთვის შერჩეული მარტივი მოდელი A – B – A

$Ig(\Delta_{\beta\alpha\gamma})$ და μ 1,2-ბის [დიალკილეთილარსონიუმ]-1,4-დიჰიდრონაფტალინის დიოდიდებისათვის

R	C ₃ H ₇	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₁	C ₆ H ₁₃
$Ig(\Delta_{\beta\alpha\gamma})$	5,83	5,96	6,03	6,16
μ $cm^{-1} \cdot mol^{-1}$	105	107	113	117

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, კომპიუტერზე აგებული კორელაციური განტოლება:

$$\mu=33 \lg(\Delta_{\text{ქან}}) - 88 \quad (2)$$

კორელაციის r კოეფიციენტი ტოლია 0,985. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმებით [6], კორელაცია დამაკმაყოფილებელია, ტოპოლოგიური ინდექსი $\lg(\Delta_{\text{ქან}})$ ეფექტური აღმოჩნდა ზემოთ განხილული რთული სისტემებისათვის, რაც მის შემდგომი გამოყენების პერსპექტივას მნიშვნელოვნად აფართოებს.

ლიტერატურა

1. გ. გამზიანი, მ. გვერდწითელი. იზომერიის მოვლენა მათემატიკური ქიმიის თვალთახედვით. -თბილისი, მეცნიერება, 1992.
2. Gverdtsiteli, M.Rusia, K. Kupatadze. Mathematical-chemical Investigation of some Inorganis Halides. Tbilisi, „Universal“, 2011.
3. M. Gverdtsiteli, G. Gamziani, I. Gverdtsiteli. The Contignity Matrices of Molecular Graiphs and their Madifications. Tbilisi, TV-press, 1996.
4. გ. ქვარცხავა, მ. გვერდწითელი. ზოგიერთი არაორგანული და ორგანული ნაერთის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018.
5. Гигаури Р.Д., Робакидзе Н.З., Инджия Н.А., М.А., Вачнадзе Е.С. Синтез и обмен аниона дииодидов бис [диалкиларилэтиларсоним] – 1.4-дигидропафталинов. //журн. общ. хим, 68(3), 1998 г, с.444.
6. მ. გვერდწითელი, ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თსუ გამომც., 1982, გვ. 19.

SUMMARY

MATHEMATICAL-CHEMICAL STUDY OF DIIODIDES OF 1.4-BIS [DIALKYL-ETHYLARSONIUM]-1.4 DIHYDRONAPHTA-LENES.

Robakidze N.Z. and Kvernadze M.S.

Iv. Iavakhishvili Tbilisi State University

Diiodides of 1.4-bis [dialkylethylarsonium]-1.4-dihydronaphtalenes were stidied within the scope of QAN8-matrix method. The correlation equation was derived. The correlation is satisfactory.

Keywords: QANB-matrix, satisfactory correlation.

**დ-მეტალთა ტეტრათიონათიმონატების ამიაკატური კომპლექსების
თერმოგრაფიკული კვლევა**

სამხარაძე მ.გ., მაჩალაძე თ.ე., კახიძე ნ.ა.

**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რაფიელ აგლაძის სახ.
არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი**

გარდამავალ მეტალთა ტეტრათიონათიმონატების ამიაკატური კომპლექსები საინტერესო ნაერთებია არა მხოლოდ ქიმიური, ფიზიოლოგიური აქტივობის თვალსაზრისით. მათი სინთეზის პირობები და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები შესწავლილია [1,2], რაც შეეხება მათ თერმულ თვისებებს, მონაცემები პრაქტიკულად არ არსებობს.

უკანასკნელ წლებში თერმული ანალიზი გახდა ერთ-ერთი წამყვანი კვლევის ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდთა შორის. გაიზარდა მკვლევართა ინტერესი კომპლექსნაერთთა მყარფაზური გარდაქმნების მიმართ, დაიწყო თვისობრივად ახალი ეტაპი კომპლექსნაერთთა თერმული გარდაქმნების შესწავლაში დიფერენციალური თერმული ანალიზის გამოყენებით.

თერმული კვლევებისას, გარდაქმნებისა და ქიმიური რეაქციების სრული სურათის მისაღებად საჭიროა T და DTA მრუდებთან ერთად მივიღოთ მასის ცვლილების TG მრუდი. ასეთ ხელსაწყოებს მიეკუთვნება სინთეზირებული ნიმუშების კვლევისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებული უნგრული წარმოების F. Paulik; Y. Paulik; L. Erdely - ის სისტემის დერივატოგრაფი – Q - 1500 D [3]. იგი საშუალებას იძლევა, ერთი და იმავე ნიმუშისათვის ერთდროულად ჩაიწეროს ოთხი მრუდი: ტემპერატურის ცვლილების (T), მასის ცვლილების (TG); აგრეთვე შესაბამისი დიფერენციალური DTA და DTG მრუდები. თერმოგრაფიკული კვლევა ტარდებოდა 1000⁰ C-მდე, გახურების სიჩქარით 10⁰/წთ. სასწორის მგრძობიარობა - 1000 მგ/250 მმ.

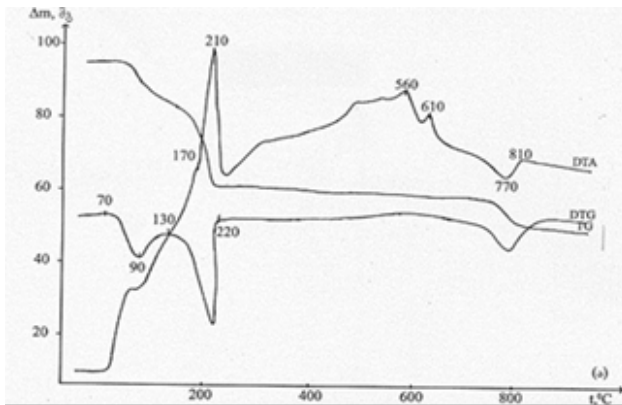
გალვანომეტრის მგრძობიარობა – 250 Mv; ეტალონური ნივთიერება α – Al_2O_3 , ტიგელი – პლატინის, საკვლევი ნიმუშების მასა – 100 მგ.

შესწავლილ იქნა დ-მეტალთა ტეტრათიონათიმონატების(V) ამიაკატური კომპლექსების ქიმიური ქცევა გახურებისას. დ-მეტალთა ამიაკატების თერმოლიზმა აჩვენა, რომ კომპლექსების დაშლა-დესტრუქცია იწყება ამიაკის მოხლეჩვა-მოცილებით. თერმოლიზის შედეგები მოტანილია ნახაზზე.

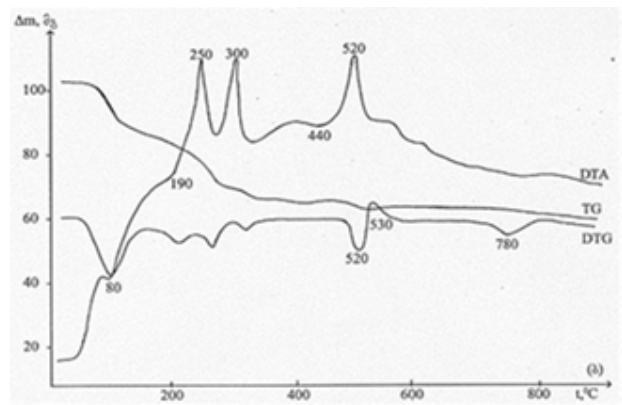
ნიმუშად განვიხილოთ ჰექსამინნიკელის (II) ტეტრათიონათიმონატის თერმოლიზი ნახ. 1,ა) $[Ni(NH_3)_6]_3(SbS_4)_2$ -ის თერმული დაშლა იწყება 70⁰ C-დან ლიგანდის-ამიაკის მოწვევით, პროცესი მიმდინარეობს ორ ეტაპად. პირველი ენდოთერმული ეფექტი შეინიშნება DTA მრუდზე 70–130 °C-ის ინტერვალში, პიკით 90 °C -ზე. ამ ეტაპზე მასის კლება შეადგენს 11,39%-ს, რაც შეესაბამება 6 მოლი NH_3 -ის მოწვევას (თეორიული – 10,38%).

შემდგომი მასის კლება მიმდინარეობს 130–220 °C-ზე. მასა ამ შემთხვევაში მცირდება 21,51%-ით, რაც შეესაბამება დარჩენილი 12 მოლი ამიაკის მოცილებას (20,77% – თეორიული).

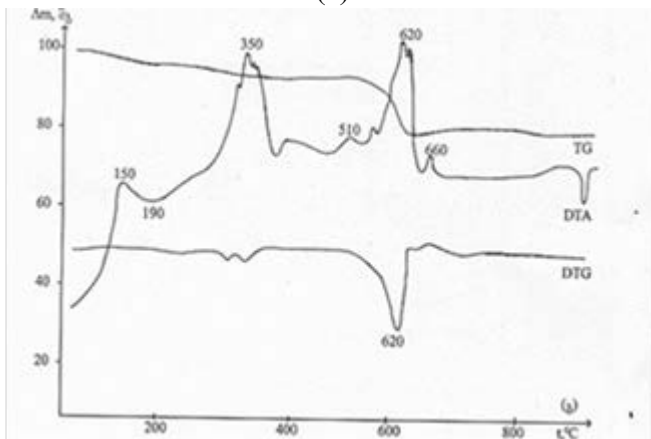
შედარებით რთული პროცესი მიმდინარეობს 220–810 °C-ის ტემპერატურულ ინტერვალში. DTA მრუდზე შეინიშნება ორი ეგზოთერმული ეფექტი, პიკებით 560 °C და 610 °C-ზე. ამ პროცესს მოსდევს ენდოთერმული ეფექტი, პიკით 770 °C-ზე. მასის კლება 220–610 °C ინტერვალში შეადგენს 6,32%-ს (პრაქტიკული), რაც შეესაბამება 2 მოლი გოგირდის მოცილებას (თეორიული – 6,51%). შემდგომ, 610 °C-ზე ზემოთ კვლავ აქვს ადგილი მასის ცვლილებას, კერძოდ, მასა მცირდება 3,81-ით (პრაქტიკული), რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ერთი მოლი გოგირდის მოცილებით (თეორიული – 6,51%).



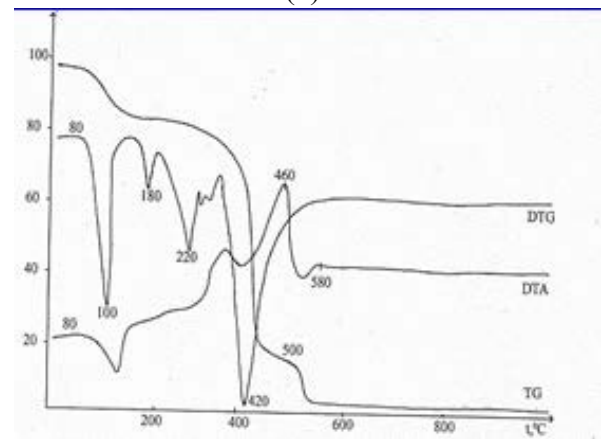
ა)



ბ)

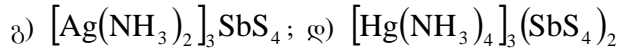
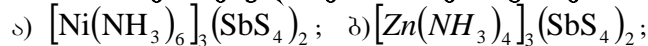


გ)

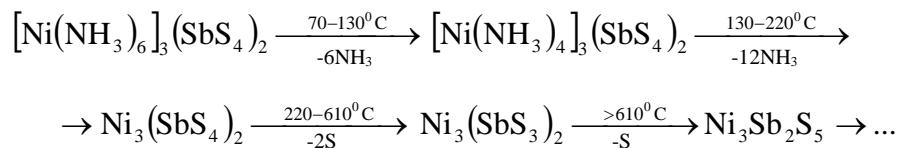


დ)

სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოგრამები



ზემოთ ნათქვამიდან გამომდინარე, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3(\text{SbS}_4)_2$ -ის თერმოლიზის სავარაუდო სქემა შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:

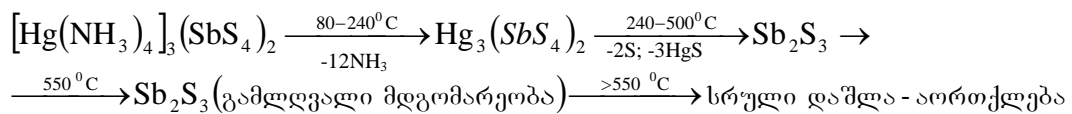


განხილული მაგალითის მსგავსად მიმდინარეობს $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]_3\text{SbS}_4$ -ის, $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]_3(\text{SbS}_4)_2$ -ის, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]_3(\text{SbS}_4)_2$ -ის, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_3\text{SbS}_4$ -ის თერმული დაშლა, რაც უპირველესად ლიგანდის-ამიაკის მოწყვეტაში და შემდგომ დეთიონირებაში გამოიხატება.

თერმოლიზის თვალსაზრისით განსაკუთრებით საყურადღებოა ვერცხლის-წყლის(II) ტეტრათიონათიმონატის(V) ამიაკატური კომპლექსის ქიმიური ქცევა გახუ-

რებისას. განვიხილოთ $[Hg(NH_3)_4]_3(SbS_4)_2$ -ის თერმული დაშლა (ნახ. დ), რომელიც დანარჩენ კომპლექსებთან შედარებით განსხვავებულად მიმდინარეობს. ნიმუშის დაშლა იწყება ლიგანდის-ამიაკის მოწყვეტით, რაც DTG მრუდზე 80-240 °C ტემპურატურულ ინტერვალში აისახება სამი ენდოთერმული ეფექტით, მაქსიმუმებით 100, 180 და 220 °C-ზე. აღნიშნულ ტემპურატურულ ინტერვალში წონაკის მასა მცირდება 15,53%-ით, რაც შეესაბამება 12 მოლეკულა ამიაკის მოცილებას (თეორიული 15,62%). მასის საგრძნობლად შემცირებას ადგილი აქვს 240-500 °C ინტერვალში. ამ ეტაპზე წონის კლება შეადგენს 59,22%-ს, რაც უნდა აიხსნას 2 მოლი გოგირდისა და 3 მოლი HgS-ის მოცილებით (თეორიული 58,43%); 500 °C-ზე ზევით კი მიმდინარეობს ნიმუშის სრული დაშლა ყოველგვარი ნაშთის გარეშე.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ტეტრაამინვერცხლისწყლის(II) ტეტრათიონთი-მონატის(V) თერმული დაშლის სქემა შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:



ამრიგად, თერმული ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციით შეიძლება აღვწეროთ კომპლექსებში მიმდინარე ქიმიური რეაქციები და ფიზიკური გარდაქმნები, აგრეთვე ის სითბური ეფექტები, რომლებიც მათ თან ახლავს. ამასთან, თერმული ანალიზით შესწავლილი ნაერთები შეიძლება მივაკუთვნოთ „თერმოაქტიურებს“, რადგან ადგილი აქვს საკვლევი ნიმუშების მასის გარკვეულ ცვლილებას.

ლიტერატურა

1. სამხარაძე მ., რუსია მ., გიგაური რ., მეტრეველი ჯ., გიგაური რ. /საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 1998, 24, 1-4. გვ. 34-38.
2. Самхарадзе М.Р., Русия М.Ш., Кипиани Э.И., Гигаური Р.Д. Синтез и превращения аммиакатов тетратиоантимонатов d-металлов. //Georgian, Engineering. News, 2000, №2, გვ. 117-119.
3. თ. მაჩალაძე. თერმული ანალიზი. -თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2006, 91 გვ.

SUMMARY

THE THERMAL ANALYSIS OF AMMONIATE COMPLEXES OF D-METALS

Samkharadze M.G., Machaladze T.E. and Kakhidze N.A.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry

Ammonia complexes of d-metals tetrathioantimonates with the general formula. $[M(NH_3)_n]_3(SbS_4)_2$ have been studied by the thermal analysis method. After heating of these complexes firstly the ligand is removed, then it happens dethionation and at last destruction.

Keywords: tetrathioantimoniate, ammoniate complexes, thermal analysis.

ამფიცუზინი – ავთვისებიან სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების ახალი თაობის ინჟინბიტორი (შემამჩერებელი)

ჩიგოგიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წიგწივაძე გ.პ., წიგწივაძე თ.ი.

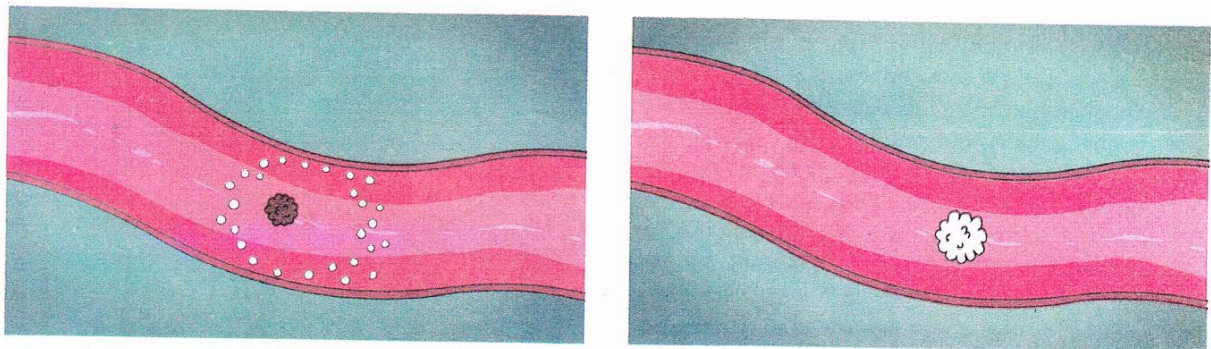
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო ცენტრი საქართველო-ისრაელის ერთობლივი კლინიკა „გიდმედის“ სამეცნიერო ცენტრი კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

ავთვისებიან სიმსივნეთა (კიბოს) განვითარება და მათი მეტასტაზირების პროცესი კვლავინდებურად მსოფლიო ონკოლოგიისა და, ზოგადად, მეცნიერ-მკვლევართა აქტუალური პრობლემაა, რომელზეც უწყვეტი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები მიმდინარეობს ბევრ ქვეყანაში, მათ შორის – საქართველოშიც. ბოლო ათწლეულებში, როგორც უცხოეთში, ასევე ჩვენ ქვეყანაშიც აღინიშნება ონკოლოგიურ დაავადებათა გახშირების ტენდენციები და კიბოთი დაავადებულთა საგანგაშო მაჩვენებლები. მიუხედავად სამედიცინო (და არა მარტო) დარგის მუშაკთა თავგადაკლული ბრძოლისა, კიბო დღემდე რჩება დაუმარცხებელ დაავადებად, რადგან ორგანიზმის სიმსივნურ უჯრედებთან დაკავშირებული ბევრი პროცესი ამ დრომდე იდუმალელებითაა მოცული.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო ცენტრის პროფ. ნოდარ ჩიგოგიძემ და საქართველო-ისრაელის ერთობლივი კლინიკა „გიდმედის“ ცენტრის პროფ. ირაკლი ნადირაძემ (მეცნიერ-კონსულტანტი, პროფ. თენგიზ წიგწივაძე) გამოგონებისათვის „მეტასტაზირების ახალი ინჟინბიტორების შექმნა ონკოდაავადებათა ქიმიოთერაპიისათვის“, მოიპოვეს საქართველოს პატენტი (P 2019 7005 B).

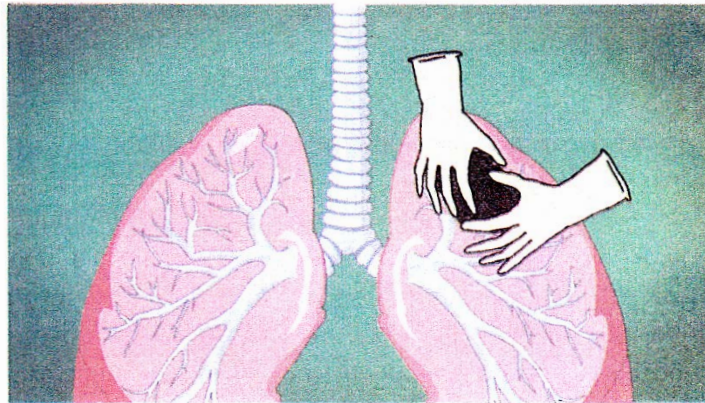
წინამდებარე ნაშრომში გაეცნობით რა ძირითადი თვისებებით გამოირჩევა სიმსივნური უჯრედები, რა ასულდგმულებს მათ, რა მექანიზმებია ჩართული მათი მეტასტაზირების პროცესში და სხვა პრობლემებს, რომლებიც ჩვენ გამოვიარეთ სანამ შევექმნით ავთვისებიან სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების ახალი თაობის ინჟინბიტორს – ამფიცუზინს, რომლის შეყვანით ორგანიზმში რადიკალური ოპერაციის დროს და მის შემდგომ, ონკოპაციენტები დაცულნი არიან მეტასტაზირებისაგან – სიმსივნის ახალი კერის – წყაროს წარმოშობისაგან.

ჩვენ სამუშაოებამდე ცნობილი იყო [1-4], რომ პირველი სიმსივნური კერიდან მოწყვეტილი უჯრედი შეიფუთება ფიბრინით (როგორც მაჩაბლის სინდრომის [3] დაცვითი რეაქცია) და სისხლის თუ ლიმფის გზით შორს, სხვა ორგანოებში გადაიტანება, სადაც იგი იმავე ფიბრინის მეშვეობით მიეწებება (აღჭვირდება) ენდოთელიუმს და მეტასტაზს აძლევს დასაბამს. ასევე ცნობილი იყო, რომ ეს ფიბრინი ერთგვარი საკვები ნიადაგია მეტასტაზების განვითარებისათვის (სურ. 1 და 2).



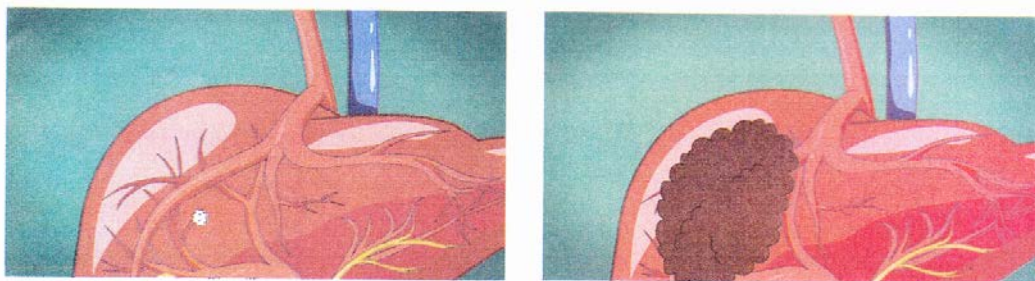
სურათი 1 და 2. სისხლძარღვში მოცირკულირე ფიბრინით შეფუთული და შეუფუთავი (შიშველი) სიმსივნური უჯრედები

მრავალწლიანი მიზანმიმართული (ცდებისა და შეცდომების მეთოდი) ექპერიმენტული მუშაობის შედეგად მივიღეთ იმ დასკვნამდე, რომ ორგანიზმში ავთვისებიან სიმსივნეთა მეტასტაზირების პროცესი შეიძლება დაიყოს 4 ეტაპად: 1) ერთეული სიმსივნური უჯრედების ან მათი დაჯგუფებების მოწყვეტა პირველადი სიმსივნური კერიდან; 2) აღნიშნული უჯრედების გადატანა სისხლით ან ლიმფით წვრილ სისხლძარღვებში; 3) სიმსივნური უჯრედების ფიქსაცია შინაგან ორგანოებში; 4) ხელსაყრელ პირობებში მათი პროლიფერაცია (გამრავლება) და შემდგომ მეტასტაზების ავტონომიური (დამოუკიდებლად) ზრდა (სურ. 3).



სურათი 3. ავთვისებიანი სიმსივნური უჯრედების გამრავლება და მეტასტაზების ავტონომიური ზრდა

ზემოაღნიშნული დასკვნებიდან გამომდინარე, არსებული მასალების ანალიზმა (ექსპერიმენტის პროცესში) მოგვცა იმის დაშვების წინაპირობა, რომ პირველადი სიმსივნური კერიდან ონკოუჯრედების მოწყვეტა უწყვეტი და გარდაუვალი პროცესია და, რომ აღნიშნული უჯრედების პლაზმურ მემბრანაზე წარმოქმნილი ფიბრინით (უფრო სწორად ფიბრინის შრით, გარსით) გაპირობებულია სიმსივნური უჯრედების (ონკოუჯრედების) ადჰეზიის (მიწებების) უნარი. როგორც ჩანს, სწორედ ფიბრინი თამაშობს მთავარ როლს ავთვისებიან სიმსივნეთა მეტასტაზირების მექანიზმში (სურ. 4 და 5). ჰისტოლოგიურმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ენდოთელიუმი (სისხლძარღვთა კედლის შიგნითა ამოძვნი უჯრედების შრე) კარგავს თავის ნორმალურ სტრუქტურას, როდესაც სიმსივნური უჯრედი ემაგრება მას კედლისმიერი თრომბის სახით. სწორედ ენდოთელიუმსა და სიმსივნურ უჯრედებს შორის ურთიერთქმედება ქმნის ცენტრალურ პრობლემას მეტასტაზების განვითარებაში.



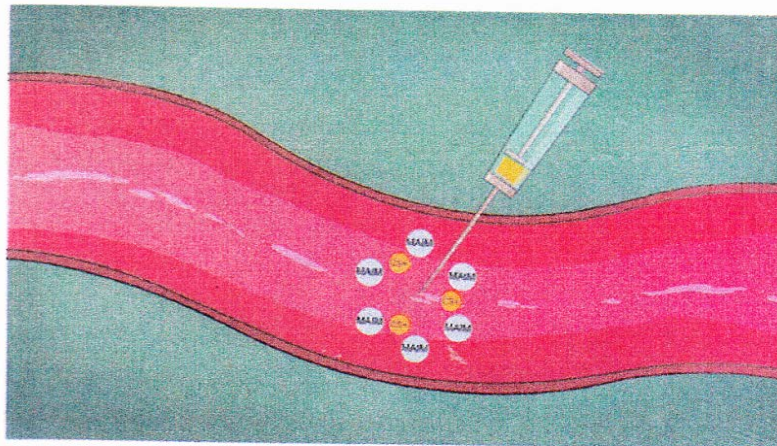
სურათი 4 და 5. ფიბრინის აპკის მეშვეობით ონკოუჯრედების დაღეჭვა

აქედან გამომდინარე, ჩვენმა ჯგუფმა მიზნად დაისახა ისეთი პრეპარატის შექმნა, რომელიც ხელს შეუშლიდა სწორედ ამ ფიბრინის გარსის წარმოქმნას, ანუ არ მისცემდა ავთვისებიანი პირველადი სიმსივნური კერიდან მოწყვეტილ ონკოუჯ-

რედს შეფუთვის საშუალებას, თანაც მოქმედ ნივთიერებას უნდა ჰქონოდა ე.წ. ქილერის ფუნქციაც, ანუ მოეკლა სიმსივნური უჯრედი; როგორ მოკლავდა, პირდაპირი იერიშით თუ გატუტიანების გზით, ეს უკვე სხვა საკითხია, მთავარია, რომ უჯრედი გაშიშვლებულ-შეფუთავი უნდა დარჩენილიყო. ასევე ჰიპოთეტურ ახალ ნივთიერებას ჰეპარინმაგვარი და ფიბრინოლიზური მოქმედება უნდა ჰქონოდა. სწორედ ამ თვისებების მქონე ორგანულ ანიონებს დაეფუძნა ახალი თაობის ინჰიბიტორის შექმნა [5].

აღნიშნული ორგანული ანიონები ცეზიუმისა და რუბიდიუმის (როგორც ქიმიურად ყველაზე აქტიური და ძლიერადმდგენი ტუტე მეტალები) მატარებლად გამოვიყენეთ, რადგან დასახელებულ კატიონთა უჯრედებში შეღწევა უჯრედთა შიდა გარემოს ძლიერ გატუტიანებას იწვევს, რასაც საბოლოოდ სიმსივნური უჯრედების განადგურება მოსდევს. ამასთან, მნიშვნელოვანია, რომ ცეზიუმისა და რუბიდიუმის კატიონები არ აზიანებენ ნორმალურ, ჯანმრთელ უჯრედებს.

უჯრედული მემბრანების შეღწევადობის რეგულირებით, ჩვენ მიერ შერჩეული ორგანული ანიონები დამატებით ეხმარება სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატის ტრანსპორტირებას უჯრედებში. ეს ორგანული ანიონები, რა თქმა უნდა, არ არის კომპლექსონები [6], მაგრამ მათი მოლეკულების ცალკეულ ფრაგმენტებს (ხელსაყრელ პირობებში) ძალუძთ შეასრულონ მახელატირებელი (ციკლწარმოქმნელი) როლი და აქტიური მონაწილეობა მიიღონ მძიმე მეტალების (ქრომი, კადმიუმი და სხვ.) კანცეროგენული იონების შებოჭვაში.



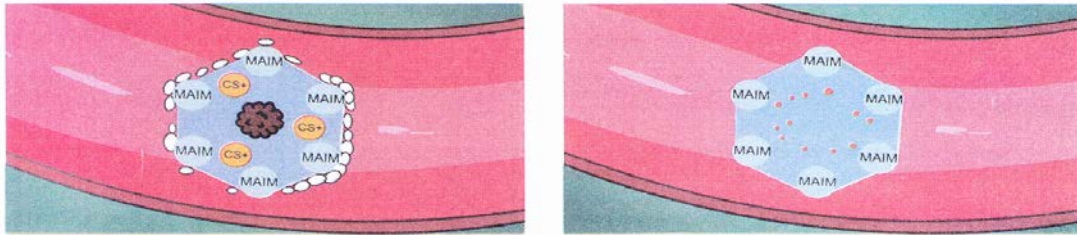
სურათი 6. ახალი თაობის ინჰიბიტორი – ამფიცეზინი გრძელჯაჭვიანი უარყოფითი, მრავალმუხტიანი, ანიონაქტიური, ორგანული, მაცრომელეკულებისა და ერთ-ერთი ძლიერ ტუტე მეტალის (ცეზიუმი, რუბიდიუმი) ქიმიური ნაერთი.

სამწუხაროდ, ბევრი ახალი მიდგომა ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობაში, რომლებიც კარგ შედეგებს იძლეოდა ლაბორატორიაში (*in vitro*), კლინიკურ პრაქტიკაში წარუმატებელი აღმოჩნდა. ამის ერთ-ერთი მიზეზია ის, რომ არ ხდება მთავარი ფაქტორის გათვალისწინება – ნებისმიერი მოწოდებული პრეპარატი უნდა იყოს გამიზნული მხოლოდ სიმსივნურ უჯრედებზე და არ უნდა აზიანებდეს ჯანმრთელ უჯრედს.

ჩატარებული ხანგრძლივი ექსპერიმენტის ფარგლებში ერთხელ კიდევ დავრწმუნდით იმაში, რომ სიმსივნე – ქსოვილთა ზრდის განსაკუთრებით რეაქტიული ფორმაა, რომელსაც მეტ-ნაკლებად გამოხატული ავტონომიურობა ახასიათებს. ორგანიზმთან არაკოორდინირებული ზრდის ეს ფორმა მიჩნეულია რეაქტიულად, რადგან მეორეულია იმ ფაქტორებთან, რომლებიც იწვევს მის წარმოქმნას. ამასთან, ამგვარი ზრდის ეს ფორმა გრძელდება მისი გამომწვევი მიზეზების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგაც. სიმსივნური უჯრედების უსაზღვრო და უკონტროლო გამრავლების თვისება გადაეცემა უჯრედთა მომდევნო გენერაციებს.

და მაინც, ავთვისებიან უჯრედთა მთავარი თვისებაა – მაინფილტრირებელი ზრდის უნარი, ანუ შეღწევა ირგვლივ მდებარე ქსოვილებში მათი შემდგომი დაშლით

და მეტასტაზების განვითარება, რაც ავთვისებიანი უჯრედების სისხლისა და ლიმფის დინებით გავრცელების შედეგია.



სურათი 7 და 8. ახალი თაობის ინჰიბიტორის – ამფიცეზინის გამოყენებისას იბლოკება სიმსივნური უჯრედის ფიბრინით შეფუთვის პროცესი; გაშიშვლებული და ამდენად ადვილად მისაწვდომი სიმსივნური უჯრედი სრულად ნადგურდება

ექსპერიმენტთა ჩატარების ფარგლებში კიდევ ერთხელ დავრწმუნდით, რომ მეტასტაზების წარმოქმნა მჭიდროდ არის დაკავშირებული სიმსივნური უჯრედების სისხლისა და ლიმფური ძარღვების ენდოთელიუმის ურთიერთდამოკიდებულებებთან ფიზიკურ-ქიმიურ დონეზე. სიმსივნური უჯრედების ავთვისებიანობის ხარისხის მატებას თან ერთვის მათი ეფექტური ელექტროუარყოფითი მუხტის ზრდა [4], რომელიც მისი ცნობილი მაცოცხლებელი თვისებების გამო, თავის მხრივ, კიდევ უფრო მეტად ზრდის სიმსივნური უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობას. ნიშანდობლივია, რომ სწორედ კანცეროგენული ნივთიერებები ხელს უწყობს უჯრედთა უარყოფითი მუხტის მატებას. ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებით, საინტერესოა კიბოსთან ბრძოლაში სიმსივნური და ჰომოლოგიური ნორმალური უჯრედების ელექტროსტატიკურ პოტენციალებს შორის არსებული სხვაობა [7-8].

ჰეპარინმაგვარი აქტივობის, ანუ ფიბრინოლიზური თვისებების მქონე მეტასტაზირების ახალი თაობის (შემაჩერებელი საშუალებების) დახმარებით შეიძლება შეჩერდეს სიმსივნური უჯრედების ადჰეზია (მიწებება) ენდოთელიუმთან. სწორედ სიმსივნეთა მეტასტაზირების ამ ახალი თაობის სინთეტური ინჰიბიტორების კლასში (სურ. 7-8) გაერთიანებულია სიმსივნეთა მეტასტაზირების შემაჩერებელი მრავალმუხტიანი ანიონაქტიური ნაერთები, რომელთაც გააჩნიათ პოლიფუნქციური მოქმედების უნარი [10].

ტერმინში „მრავალმუხტიანი“ იგულისხმება მაკრომოლეკულაში რამდენიმე ფუნქციური ჯგუფის არსებობა, კერძოდ $-COOH$, $-OSO_3H$, $-SO_3H$, $-PO(OH)_2$ და სხვა, რომლებსაც გააჩნიათ ორგანული ნაერთების, კერძოდ, ძლიერ ტუტე მებლებთან – ცეზიუმსა და რუბიდიუმთან მარილების წარმოქმნის უნარი [6,9]. დასახელებული ნივთიერებები ბიოლოგიურ გარემოში (სითხეებში) დისოცირდებიან და წარმოქმნიან გრძელჯაჭვიან ორგანულ ანიონებს, ასევე ცეზიუმისა და რუბიდიუმის კატიონებს. მიზანმიმართული სინთეზის გზით ორგანულ ანიონებს უნდა გააჩნდეთ ანტიკოაგულაციური ან ფიბრინოლიზური თვისებები, რითაც შეაფერხებენ სიმსივნური უჯრედების ადჰეზიას სისხლძარღვთა ენდოთელიუმზე.

გრძელჯაჭვიანი მრავალმუხტიანი ანიონაქტიური ნაერთები შეიძლება სინთეზირდეს როგორც ცეზიუმისა და რუბიდიუმის მონომარილების, ასევე ორბირთვიანი კომპლექსური მოლეკულების სახით, რომელთა სტრუქტურაშიც ერთდროულად იქნება ცეზიუმისა და რუბიდიუმის ატომები გარკვეული თანაფარდობით. ასეთი პრეპარატები კარგად იხსნება წყალში, რაც უზრუნველყოფს მათ მაღალ შეღწევადობას ცოცხალი ორგანიზმის ბიოლოგიურ სითხეებში [8].

აღსანიშნავია ისიც, რომ ნორმალური უჯრედებისათვის ოპტიმალური pH 7,35. pH -ის მუდმივობის შენარჩუნებას ორგანიზმის ბუფერული სისტემები განაპირობებს. სიმსივნური უჯრედებისთვის დამახასიათებელია ბევრად უფრო მჟავა გარემო, pH -ის მნიშვნელობის თანდათანობით შემცირებით (7,2-დან 6,5-მდე). ონკოდაავადებათა მოგვიანებით სტადიებზე, ავთვისებიან უჯრედთა აგრესიულობის მატებისკვალად, მათი pH შესაძლოა კიდევ მეტად დაქვეითდეს.

ჯანმრთელი უჯრედის მიერ ჟანგბადის მოხმარების ერთი მესამედით დაქვეითება მის ავთვისებიან გადაგვარებას განაპირობებს. ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში თავისი ცხოველმყოფელობის შენარჩუნებისათვის უჯრედი იძულებულია გადაერთოს ნივთიერებათა ანაერობულ დაჟანგვაზე მოლეკულათა რთული ქიმიური გარდაქმნების გზით. ეს უკანასკნელი ხორციელდება ფერმენტების სპეციფიკური სისტემებით. გადაგვარებული (სიმსივნური) უჯრედი ანაერობული ხდება. გლუკოზის ფერმენტაცია, ჟანგბადის არარსებობის პირობებში, იწვევს რძის მჟავასა და სხვა მჟავების წარმოქმნას.

ანაერობულ პროცესში გამოყოფილი ენერგია ბევრად მცირეა, ვიდრე აერობულის დროს. სწორედ ეს განაპირობებს იმას, რომ სიმსივნური უჯრედები თავისი ცხოველმყოფელობისათვის იძულებული არიან გლუკოზა და კალიუმის იონები გამოიყენონ დიდი რაოდენობით. ამ დროს გამოყოფილი რძის მჟავა აქვეითებს სიმსივნური უჯრედების pH-ს, ანუ მათ შემჟავებს იწვევს. იმავდროულად ირღვევა ნუკლეინის მჟავების უნარი აკონტროლონ უჯრედთა გაყოფა, ამის გამოა, რომ სიმსივნური უჯრედები უკონტროლოდ მრავლდება.

ცალკეული ბიოქიმიური გარდაქმნების შედეგად გამოყოფილი ენერგია, პროპიონის, ძმრისა და სხვა მჟავები ასევე განაპირობებენ სიმსივნური წარმონაქმნებისა და მათი მეტასტაზების უჯრედთა შიდა გარემოს მჟავიანობის მომატებას.

ძლიერი ტუტე მეტალები – ცეზიუმი და რუბიდიუმი არიან სინერგისტები, ანუ აძლიერებენ ერთმანეთის მოქმედებას. ამასთან, ცეზიუმი და რუბიდიუმი შედიან კალიუმის ქვეჯგუფში, მისი ანალოგები არიან. ეს აძლიერებს მათ საშუალებას შეაღწიონ სიმსივნურ უჯრედებში, განსხვავებით სხვა ელემენტებისგან, შექმნან მათში ძლიერი ტუტე გარემო – გაანადგურონ იქ თავმოყრილი ავთვისებიანი ონკოუჯრედები.

დასკვნის სახით (ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ახალი ნაერთის, ამფიცეზინის, ეფექტურობა ექსპერიმენტულად უკვე დადასტურებულია. ქალაქ რიგის (ლატვია) ვიროთერაპიის ინტერნაციონალურ ცენტრში წარმატებით ჩატარდა *in vitro* ექსპერიმენტები. შესწავლილია ამფიცეზინის ზემოქმედება D60 p4 უჯრედოვანი კულტურის *in vitro* სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობაზე.

უცხოელ ექსპერტთა გაცემას საზღვარი არ ჰქონდა, როდესაც ქართველი მეცნიერების მიერ შექმნილი პრეპარატით (10%-იანი ამფიცეზინით) სიმსივნური უჯრედების ზრდის მაქსიმალური ინჰიბიცია (PSB), საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, 93,5% იყო.

სამწუხაროა, რომ ქართველ მეცნიერთა ეს უდიდესი გამარჯვება, რატომღაც, ყურადღების გარეშე დარჩა სამშობლოში, გასაოცარი შედეგის მიუხედავად, ქართველ მეცნიერთა გამოგონებას „მწვანე შუქი მაინც არ ენთება“ საქართველოში.

აგერ უკვე ერთი წელია, *in vitro* ექსპერიმენტების შემდეგ, უსახსრობის გამო, ვერ გრძელდება *in vivo* ცდები ჩვენს ქვეყანაში; მაშინ, როცა უცხოელი სპეციალისტები დიდ ინტერესს გამოხატავენ და მეტიც, უკვე ამ ეტაპზე ჯერ კიდევ შეუცნობადი და საკვირველი კორონავირუსის ფონზე, კლინიკურ კვლევებში მონაწილეობის სურვილს უამრავი მოხალისე გამოხატავს).

– **ამფიცეზინი**, ავთვისებიან სიმსივნეთა ინჰიბიტორების ახალი თაობის პირველი წარმომადგენელი, უფრო კონკრეტულად სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების საწინააღმდეგო პრეპარატი (ამჟამად სრულდება მეორე თაობის ინჰიბიტორებზე – გრძელჯაჭვიან, მრავალმუხტიან ანიონაქტიურ მოლეკულებზე მუშაობა);

– **ამფიცეზინი**, პირველი პრეპარატი მსოფლიოში, რომელიც მოქმედებს მხოლოდ სიმსივნურ უჯრედებზე და არ აზიანებს ორგანიზმის ჯანმრთელ, ნორმალურ უჯრედებს. იგი აჩერებს სიმსივნური უჯრედების ადჰეზიას ენდოთელიუმზე, ანუ გააჩნია ჰეპარინმაგვარი მოქმედება;

– **ამფიცეზინი**, აქვს მახელატირებელი (ციკლწარმომქმნელი) ეფექტი და მონაწილეობს მძიმე მეტალოთა კანცეროგენული იონების შებოჭვაში (კოორდინაციაში);

– **ამფიცეზინი**, ტუტე მეტალების – ცეზიუმისა და რუბიდიუმის (კალიუმის ანალოგები) მატარებელი, უზრუნველყოფს მათ ტრანსპორტს და სიმსივნურ უჯრედებში შეღწევას;

– ამფიცეზინი, წარიტაცებს სიმსივნური უჯრედებისათვის საჭირო კაციონებს და აიძულებს სიმსივნურ უჯრედებს განიცადონ საკვების დეფიციტი;

– ამფიცეზინი, ზრდის უჯრედთა მდგრადობას ჰიპოქსიისაღმე (ჟანგბადის ნაკლებობა) და აძლერებს იმუნიტეტს;

– ამფიცეზინი, უზრუნველყოფს სიმსივნური უჯრედების ნაწილის, რომლებშიც გადაგვარების პროცესი ჯერ კიდევ არ არის შორს წასული (ანუ ონკოუჯრედები გენეტიკური აპარატის დაზიანების გარეშე), ნორმალურ მდგომარეობაში დაბრუნებას, დანარჩენი ონკოუჯრედები კი იღუპება;

– ამფიცეზინი, ხასიათდება კარგი შეთავსებულობით სიმსივნის საწინააღმდეგო სხვა სამკურნალო პრეპარატებსა და თერაპიის მეთოდებთან;

– ამფიცეზინი, როგორც მრავალმუხტიანი ანიონაქტიური ნაერთი განსხვავდება არსებული სიმსივნის საწინააღმდეგო ქიმიოპრეპარატებისაგან, რომელთაც გაანინათ მაღალი ციტოტოქსიკურობა. ახალი თაობის ამ კლასის ნაერთებს ახასიათებთ სიმსივნის საწინააღმდეგო მოქმედების მაღალი შერჩევითობა და სპეციფიკურობა;

– ამფიცეზინი, სხივური თერაპიის სამკურნალო-პროფილაქტიკური დოზების შემცირების საშუალებას იძლევა, უფრო მეტიც, მისი წყალობით ზოგჯერ შეიძლება მთლიანად უარისთქმა რადიოთერაპიაზე;

– ამფიცეზინი, და ახალი თაობის ამ კლასის სხვა წარმომადგენლები, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მცირე დოზებით, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, სიმსივნურ დაავადებათა საპროფილაქტიკოდ.

დადასტურებულად შეგვიძლია იმის აღნიშვნა, რომ „ელექტრული მუხტი“ და საზოგადოდ „ელექტრობა“, ჩვენს გარდა, ჯერ არ გამოყენებულა ონკოლოგიაში და იგი, თუ არ ჩავთვლით ცალკეულ გამონათებებს, ბურუსითაა მოცული.

ლიტერატურა

1. ირაკლი ნადირაძე, გივი ჩიქობავა. ონკოლოგია. წიგნი I. თბილისი, 2014, 160გვ.
2. ონკოლოგია. წიგნი II. ირაკლი ნადირაძის საერთო რედაქციით. თბილისი, 2017, 416 გვ.
3. Надирадзе И.Ш. Синдром Мачабели в онкологии. Тбилиси, Chronograph, 2000.
4. Вольф М., Рансбергер К. Лечение ферментами. -М., Мир, 1976, 232 с.
5. Дятлова Н.М., Тёмкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. М., Химия, 1988, 544 с.
6. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. -Л., Химия, 1981, 204 с.
7. Адамсон А.В., Физическая химия поверхностей. -М., Мир, 1979, 232 с.
8. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л., Химия, 1984, 484 с.
9. Файнгольд С., Кууск А., Кийк Х. Химия анионных и амфолитных азотсодержащих поверхностно-активных веществ. -Таллин, Валгус, 1984, 200 с.
10. საქპატენტი. დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა №6811, დეპონირებულია 19.12.2016წ.

SUMMARY

AMPHICEZINE – A NEW GENERATION INHIBITOR (PRECIPITANT) FOR POSTOPERATIVE METASTASIS OF MALIGNANT TUMORS

Chigogidze N.Sh., Nadiradze I.Sh., Tsivtsivadze V.P. and Tsivtsivadze T.I.

Biological Active Material Research Center of Georgian Technical University

Scientific Center of Georgia-Israel Joint Clinic Gidmedi

Caucasus International University

The development of malignant tumors (cancer) and the processes of their metastasis in the body is an actual problem for scientists and researchers in the field of oncology as well as for various specialties, who conduct scientific research in this field in many countries around the world, including Georgia. In the last decade, in abroad as well as in our country, there is a growing tendency of oncological diseases and the number of patients has increased too. Despite the dedicated struggle against cancer by medical representatives (and not only by them), cancer is still an invincible disease. (Except for rare exceptions), and many of the processes associated with cancer cells in the body remain unstudied. Employees of the Biological Active Material Research Center of Georgian Technical University (Prof. N. Chigogidze) and the Scientific Center of Georgia-Israel Joint Clinic Gidmedi (Prof. I. Nadiradze) received a Georgian patent №P2019 7005B, date of registration 17.07.2019 year for an invention "Creation of new metastases inhibitors for oncological diseases chemotherapy"

Keywords: cancer, metastasis, oncology, inhibitor, amphicezine, malignant, fibrin, adhesion, proliferation, membrane, oncologic cell.

ფოსფოლიპიდების უნიშვნელოვანესი თვისებები მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში

სირაძე მ.გ., ძნელაძე ს.ჯ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ტრიგლიცერიდების უმნიშვნელოვანეს თანაურ ნივთიერებას წარმოადგენს მცენარეულ ზეთებში გახსნილი ფოსფოლიპიდები, რომლებსაც თავისი ქიმიური აღნაგობიდან გამომდინარე შეუძლიათ შეცვალონ ფაზური და ენერგეტიკული ურთიერთქმედება პოლარულ და არაპოლარულ ფაზებს შორის. ფოსფოლიპიდებისათვის ასეთი აქტიურობის არსებობა განპირობებულია მათი სტრუქტურით, პოლარობით და პოლარიზაციით, ასევე გარე ფაქტორებით: ტემპერატურით, გამსხნელების (არე) ხასიათით, კონცენტრაციითა და გაყოფის საზღვარზე ფაზების თავისებურებით.

დაბალპოლარულ გამსხნელებში, კერძოდ მცენარეული ზეთების ტრიაცილგლიცერიდებში გახსნილი ფოსფოლიპიდების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი პრაქტიკულად არ ამჟღავნებენ ზედაპირულ აქტიურობას „გამსხნელი–ჰაერი“ ფაზების გაყოფის საზღვარზე. მათი ზედაპირული აქტიურობა არაპოლარულ გამსხნელებში აშკარად გამოიხატება წყალთან გაყოფის საზღვარზე. ფოსფოლიპიდური ხსნარების ასეთი თავისებურების გამო, ისინი მიეკუთვნებიან ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებათა ჯგუფს და გააჩნიათ ზეთებში მიცელარული ხსნარების ფორმირების უნარი.

ფართოდაა შესწავლილი მცენარეულ ზეთებში ფოსფოლიპიდების მონაწილეობით მიმდინარე ძირითადი ქიმიური რეაქციები, კერძოდ ნახშირწყლებთან და პიგმენტებთან მათ ურთიერთქმედების რეაქციები, ფოსფოლიპიდების ჟანგვის რეაქციები და ასევე მათი შესაძლო დესტრუქცია კონცენტრირებული ტუტეების წყალხსნარებთან ურთიერთქმედებისას [1-3].

არსებობს მცენარეული ზეთებიდან ამ ნივთიერებათა მოცილების სამრეწველო მეთოდი – ჰიდრატაცია, რომელიც განპირობებულია ზეთში გახსნილი ფოსფოლიპიდების მოლეკულების ზედაპირული აქტიურობით წყალთან საზღვარზე [2,3].

ჰიდრატირებული ზეთების ტუტე ნეიტრალიზაციის პროცესის ეფექტურობის შესაფასებლად არ არსებობს საკმარისი კვლევები, რომლებიც უზრუნველყოფენ, რომ საკმარისად ობიექტურად განისაზღვროს ფოსფოლიპიდების მოცილების სრული გავლენა პროცესის ეფექტურობის ძირითად მაჩვენებელზე – ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავლიანობაზე.

ლიტერატურული მონაცემებით ბამბის ზეთის ტუტე ნეიტრალიზაციის სტადიაზე ზეთის გამოსავლიანობის ზრდა ფოსფოლიპიდების წინასწარი ჰიდრატაციის გამოყენების შემთხვევაში შეადგენს 1 %; ე.ი. არსებულ კვლევებში ფაქტიურად დაფიქსირებულია ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავლიანობის ნამატი, რომელიც არის არაჰიდრატირებული ზეთის დანაკარგების ნორმირებული სიდიდე, რაც აიხსნება ასეთ ზეთებში არსებული ფოსფატიდების სრული დაშლით [1].

ზოგიერთი ავტორის აზრით კი მაღალი ხარისხის მცენარეული ზეთების მისცელების რაფინირებისას მიზანშეწონილია წინასწარი ჰიდრატაციის ჩატარება, რაც ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავლიანობას 3,0–4,0%-ით გაზრდის [4,5], დაბალი ხარისხის ზეთებისათვის კი – წინასწარი ჰიდრატაციის ჩატარება ნაკლებ ეფექტურია [3].

ზემოაღნიშნული მონაცემები გვესახება არასრულფასოვნად ფოსფატიდების, როგორც ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების, მამულგირებელი უნარის შესახებ ცნობილი წარმოდგენების გამო [3,6,7].

მცენარეული ზეთების ტუტე ნეიტრალიზაციის პროცესში ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი ქმედების შესახებ წარმოდგენების დაზუსტების მიზნით ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარდა „ზეთი–წყალი“ სისტემაში ფოსფოლიპიდების და ნეიტრალიზაციის პროცესის შედეგად წარმოქმნილი საპნის მამულგირებელი უნარის

შედარებითი შეფასება. ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი უნარი ზეთი-წყალი“ სისტემაში შესწავლილი იქნა მზესუმზირას ფოსფატიდების მაგალითზე ზოგადად მიღებული ტესტის – მოცემულ სისტემაში ფოსფოლიპიდების ტენის შემაკავებელი უნარის მიხედვით. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ფოსფოლიპიდების ტენის შეკავების უნარი რამდენჯერმე აღემატებოდა საპნის ტენის შემაკავებელ უნარს.

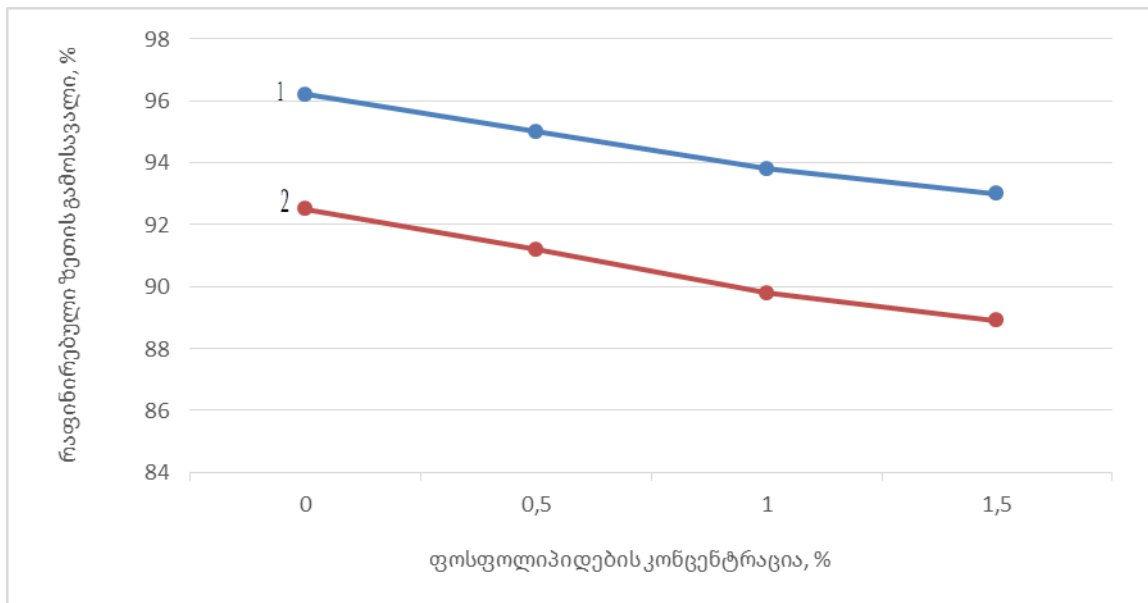
„ზეთი-ტუტეწყალხსნარის“ სისტემაში ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი უნარის გააღწევა ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავლიანობაზე დადასტურებულ იქნა ჩატარებული ექსპერიმენტების სერიით – გულდასმით რაფინირებულ და გათეთრებულ მზესუმზირას ზეთში გახსნილი ფოსფატიდებისა და თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავების მოდელურ ხსნარებზე.

მოდელურ ადებული ნივთიერებები შეტანილ იქნა სამრეწველო მზესუმზირას ზეთებში მათი მასური წილების დონეების შესაბამისად (ფოსფოლიპიდები – 0,5 – 1, 5 %, თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები: ცდების 1-ლი სერია – 1,5 %; ცდების მე-2 სერია – 3,0 %).

ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული მოდელები დამუშავებულ იქნა ტუტის წყალხსნარებით საცდელი რაფინირების მეთოდით. ტუტის ხსნარის კონცენტრაცია და ნაჭარბი განისაზღვრა ზეთის მჟავიანობის მიხედვით [8].

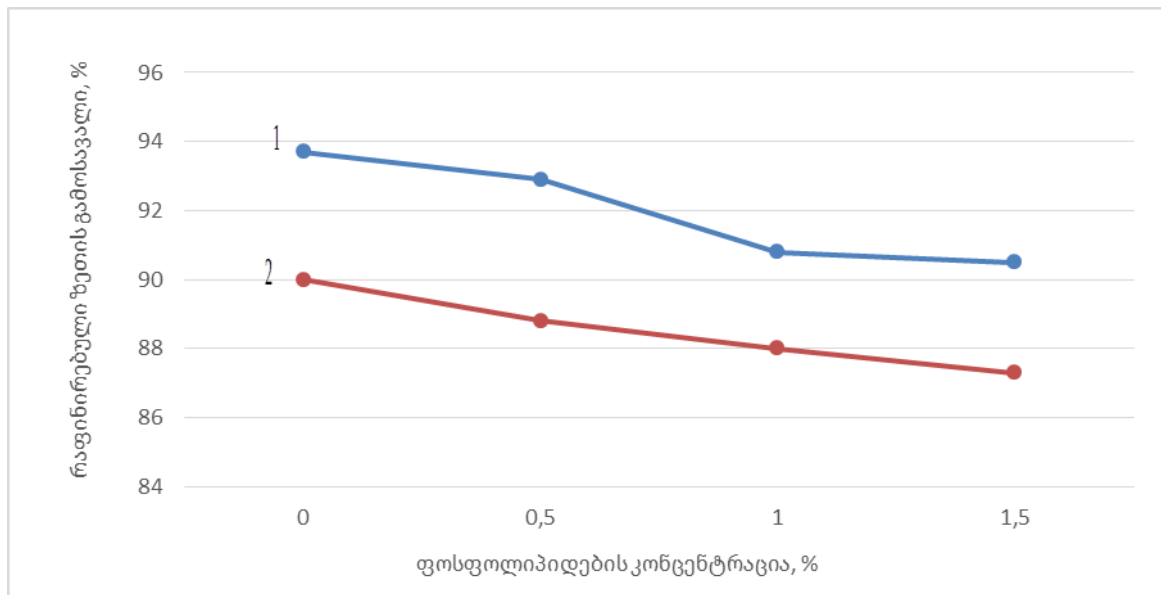
ზემოთ აღწერილი მზესუმზირას მოდელური ნიმუშების საცდელი რაფინირების შედეგები მოცემულია ნახ. 1 და 2-ზე.

ექსპერიმენტების შედეგები მოწმობენ, რომ მზესუმზირას ზეთის მოდელური ხსნარების ტუტე რაფინირებისას ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავალი ფოსფოლიპიდების კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია. ეს დამოკიდებულება თავს იჩენს მაღალი ხარისხის ზეთებში მჟავური რიცხვის მიუხედავად.



ნახ. 1. ნეიტრალიზაციის პარამეტრები: C[R₂COOH] – 1,5%;

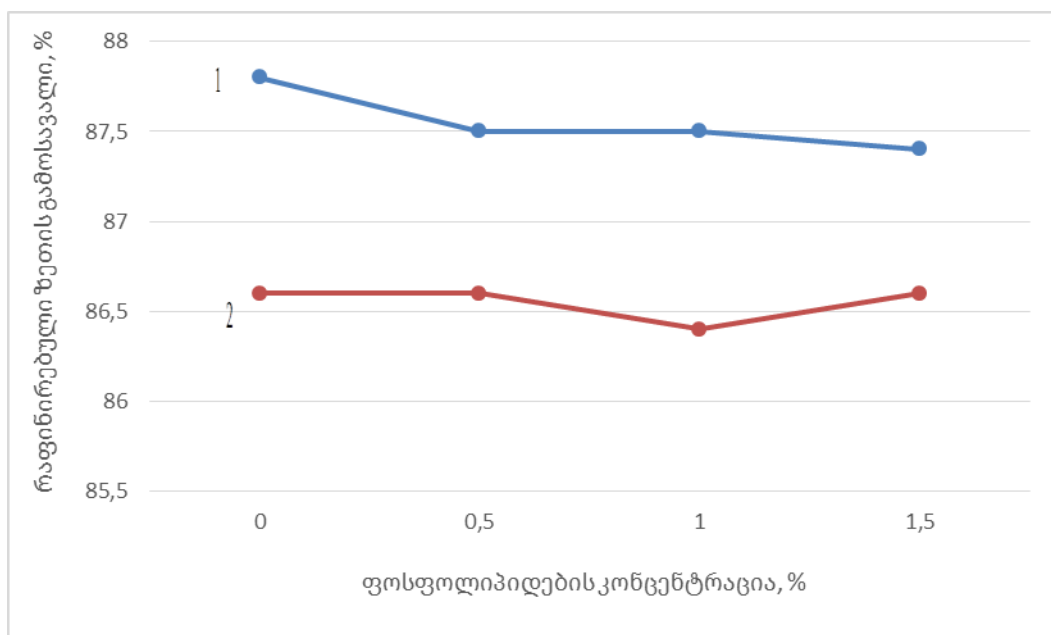
1. C[NaOH] – 40 გ/ლ; ნაჭარბი – 10%;
2. C[NaOH] – 100 გ/ლ; ნაჭარბი – 20%.



ნახ. 2. ნეიტრალიზაციის პარამეტრები: $C[RCOOH] - 3,0\%$;

1. $C[NaOH] - 40$ გ/ლ; ნაჭარბი - 10%;
2. $C[NaOH] - 100$ გ/ლ; ნაჭარბი - 20%.

ჩატარებული კვლევების სრულყოფისათვის ექსპერიმენტი გაგრძელდა დაბალი ხარისხის მზესუმზირას ზეთზეც, რომლის მჟავური რიცხვი იყო 6 % და რომლის ნეიტრალიზაციისათვის გამოყენებულ იქნა ტუტის მაღალი კონცენტრაცია და ნაჭარბი. შედეგები მოცემულია ნახ. 3-ზე.



ნახ. 3. ნეიტრალიზაციის პარამეტრები: $C[RCOOH] - 6,0 \%$;

1. $C[NaOH] - 150$ გ/ლ; ნაჭარბი - 30 %;
2. $C[NaOH] - 200$ გ/ლ; ნაჭარბი - 100 %.

ჩვენს მიერ წარმოებული კვლევების მონაცემებით დაბალი ხარისხის ზეთებში ფოსფორიპიდების მამულგირებელი ქმედების გავლენა ნაკლებად შესამჩნევია, ვიდრე ემულგირება ნეიტრალიზაციის პროცესის შედეგად წარმოქმნილი საპნით (სოაბსტოკი).

უნდა აღინიშნოს, რომ „ზეთი-ტუტეწყალხსნარის“ სისტემაში ორი ემულგატორის კონცენტრაციების შეფარდება, და შესაბამისად, მათი გავლენაც არ არის მუდმივი: ტუტე ნეიტრალიზაციის პროცესის პირველ მომენტებში მამულგირებელ თვისებას იჩენენ ფოსფორიპიდები, ვინაიდან საპონი, ჰეტეროგენულ სისტემაში მისი წარმოქმნის უფრო დაბალი სიჩქარის გამო, ჯერ კიდევ უნდა წარმოიქმნას. ამ ორი ემულგატორის შედარებითი ეფექტურობა შეიძლება იცვლებოდეს ცხიმოვანი მჟავების კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად. 6,0 % მჟავური რიცხვის მქონე მზესუმზირას ზეთებში, სადაც ცხიმოვანი მჟავების კონცენტრაცია თითქმის 4-ჯერ აღემატება ფოსფორიპიდების კონცენტრაციას, ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ფოსფორიპიდების მამულგირებელი ქმედების გავლენა ნაკლებად შესამჩნევია, ვიდრე ემულგირება წარმოქმნილი საპნის ხარჯზე.

ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემები მოწმობენ, რომ ტრიგლიცერიდების (ნეიტრალიზირებული ზეთის) მნიშვნელოვანი რაოდენობა წარიტაცება სოაბსტოკში (ნარჩენებში) არა ნეიტრალიზაციის პროცესში წარმოქმნილი საპნის ხარჯზე, არამედ „ზეთი-ტუტეწყალხსნარის“ სისტემაში არსებული ფოსფორიპიდების მამულგირებელი ქმედების გავლენით.

იმის გამო, რომ ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული საცდელი რაფინირება მეთოდური ცდომილებებით ხასიათდება, ზეთის სამოდულო ნიმუშების საცდელი ლაბორატორიული რაფინირების შედეგების გამოყენების საფუძველზე ანალიზური მიდგომა შემუშავდა, რაც ამ მეთოდის მეტროლოგიური მახასიათებლების დადგენაში მდგომარეობს.

მზესუმზირას ზეთის ლაბორატორიული რაფინირებისას ზეთის გამოსავლიანობის განსაზღვრის ცდომილებების გაანგარიშებისათვის დასამუშავებელი მონაცემების შედეგები მოცემულია ცხრილში (აღებულია დაბალი ხარისხის ზეთი):

საცდელი რაფინირების მეტროლოგიური დახასიათება

№ ექსპერ.	ზეთის გამოსავლიანობის მნიშვნელობები	№ ექსპერ.	ზეთის გამოსავლიანობის მნიშვნელობები
1	79,0	14	79,0
2	79,0	15	80,0
3	80,0	16	79,0
4	79,0	17	79,0
5	81,0	18	79,0
6	81,0	19	80,0
7	81,0	20	81,0
8	79,0	21	81,0
9	79,0	22	80,0
10	80,0	23	79,0
11	81,0	24	79,0
12	81,0	25	79,0
13	81,0		

ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემების დამუშავებამ გვიჩვენა შემდეგი შედეგები:

საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა $X = \pm 79,84 \%$;
 საშუალო კვადრატული გადახრა $S = \pm 0,9 \%$;
 დასაშვები შეუსაბამობები ორ პარალელურ განსაზღვრას შორის $d = 1,77 \cdot S = 2,5 \%$.

დამუშავებული მონაცემების საფუძველზე ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული საცდელი რაფინირების შედეგად მიღებული რაფინირებული ზეთის გა-

მოსავლიანობის საშუალო კვადრატული გადახრა ($S = \pm 0,9 \%$) მინიმალურია, ($<1 \%$ -ზე), რაც ექსპერიმენტის მაღალ ეფექტურობაზე მიუთითებს.

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში ნეიტრალიზირებული ზეთის გამოსავლიანობა ფოსფოლიპიდების კონცენტრაციის პირდაპირპროპორციულია. ასეთი დამოკიდებულება თავს იჩენს მაღალი ხარისხის ზეთებში მჟავური რიცხვის მიუხედავად. რაც შეეხება დაბალი ხარისხის ზეთებს – ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი ქმედების გავლენა ნაკლებად შესამჩნევია, ვიდრე ემულგირება წარმოქმნილი საპნის ხარჯზე.

ლიტერატურა

- 1.Волотовская С.Н., Кузнецова Н.В., Майорова Н.Н. Потери при рафинации хлопкового масла. //Масло-жировая промышленность, 1980, №3, с.25.
2. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей. – М.: ДеЛипринт, 2006, сс. 158-168, 241-248.
- 3.Манана Сирадзе, Ирине Бердзенишвили. Масла растительные. Химический состав и совершенствование технологии рафинации. (Монография). -Тбилиси, Технический университет, 2017, с. 44, 49-57, 110-115.
- 4.Сергеев А.Г., Стерлин Б.Я., Троско У.И. и др. Рафинация хлопкового масла в мисцелле. //Масло-жировая промышленность, 1960, № 12, с. 30.
- 5.Сирадзе М.Г., Бердзенишвили И.Г., Гоксадзе И.Б. Рафинация экстракционного подсолнечного масла. //Химический журнал Грузии, 2009, №2, с. 150.
- 6.А.И. Аскинази, Р.С. Махсон, И.И. Губман, Л.С.Сидорина. Влияние состава и качества масел на величину отходов и потерь в процессе сепарационной рафинации. /ЦНИИТЭИПищепром, вып.1, М., 1981, с. 2.
- 7.Лежаич И., Мезон И., Дьордьевич Н., Шмит Ф. Влияние фосфатидов на процесс рафинации растительных масел. - Л.: Стеклогр. изд., 1973, сс. 4-8.
8. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. /Под редакцией Сергеева А.Г. и Ржехина В.П. - Л.: ВНИИЖ, 1973, т.П, издание 2-е. с. 26, 159, 350.

SUMMARY

THE MOST IMPORTANT PROPERTIES OF PHOSPHOLIPIDS IN THE PROCESS OF NEUTRALIZING SUNFLOWER OIL

Siradze M.G. and Dzneladze S.J.

Georgian Technical University

Studies have shown that the yield of refined oil in the neutralization process of sunflower oil is directly proportional to the concentration of phospholipids. Such an attitude is manifested despite the acid number in high quality oils. As for low quality oils - the effect of phospholipid emulsifying action is less noticeable than emulsifying at the expense of the resulting soap.

Keywords: phospholipid, neutralization process, sunflower oil, acid number, concentration.

დვინოების ხარისხის შეფასება აპროლადი კომპონენტების კომპლექსის მიხედვით

შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., შათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აირადი ქრომატოგრაფიის გამოყენებით წონასწორული ორთქლის ფაზის ანალიზის მეთოდმა ფართო გამოყენება ჰპოვა, როგორც ინფორმაციულმა მეთოდმა, რომელიც არა მხოლოდ ორთქლის ფაზის ანალიზის საშუალებას იძლევა, არამედ მასზე დაყრდნობით ვლებულობთ მონაცემებს მასთან წონასწორობაში მყოფ თხევად და მყარი ფაზების შემადგენლობასა და თავისებურებებზე [1]. ამ მეთოდის გამოყენება განსაკუთრებით საინტერესოა ისეთი ობიექტებისათვის, რომელთა თხევადი ფაზებიც შეიცავენ არააპროლად ან მცირედაპროლად ნივთიერებებს, რაც საანალიზო სვეტში თხევადი ფაზის შეყვანისას იწვევს მასში ჭუჭყის დაგროვებას და მისი მახასიათებლების ცვლილებას. ასეთი სახის ობიექტებს ნაწილობრივ ეკუთვნის ღვინო და კონიაკი, რომელთა შემადგენლობაშიც შედიან შაქრები, მღებავი ნივთიერებები, ამინომჟავები და პეპტიდები.

არსებობს ორთქლის ფაზის ანალიზის რამდენიმე ვარიანტი: პირდაპირი, როდესაც სინჯი აირადი სივრციდან შეჰყავთ ქრომატოგრაფში და ობიექტის ტემპერატურას ხანდახან ზრდიან და კონცენტრირებით, როდესაც აირადი ნაკადით ორთქლის ფაზიდან აცილებენ ნივთიერებებს, რომლებიც შემდგომში კონცენტრირდებიან ან შთაინთქმებიან დამჭერში და მხოლოდ ამის შემდეგ ხდება მათი ანალიზი.

ორივე ეს მეთოდი ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა ღვინოების კვლევისათვის. პირველ შემთხვევაში ღვინოების ორთქლის ფაზის პირდაპირი ანალიზით სელექტიური დეტექტორების გამოყენებისას და მაკონცენტრირებელი მილიდან დესორბირებული აპროლადი კომპონენტების იდენტიფიცირებით ქრომატო-მასს-სპექტრომეტრიის მეთოდით [2,3].

ამავე დროს, ხელმეორე ანალიზის ჩასატარებლად, სტატისტიკური მასალის შესაგროვებლად აუცილებელია აღებულ იქნას ორთქლის ფაზა წონასწორობის დაურღვევლად. ამ შემთხვევაში საინტერესოა მოწყობილობის სქემა, რომელიც თხევადი და ორთქლის ფაზების ანალიზის ერთდროული ჩატარების შესაძლებლობას იძლევა [4]. ამ დროს შესაძლებელი ხდება აირადი და თხევადი ფაზებიდან სინჯი წონასწორობის დარღვევის გარეშე საანალიზოდ იქნას მიწოდებული ქრომატოგრაფში. ამასთანავე სასურველია თხევადი ფაზა ხელმეორედ იქნეს კონდენსირებული. ორთქლის ფაზის ანალიზის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ვარიანტი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ნივთიერებათა განაწილების კოეფიციენტები აირად და თხევად ფაზათა შორის.

არომატის რიცხვის ფარდობითი მნიშვნელობა

კომპონენტები	ღვინო			
	მანავი	მუკუზანი	ტიბაანი	რქაწითელი
აცეტალდეჰიდი	2,6	0,8	1,5	2,4
ეთილაცეტატი	0,7	1,4	1,4	1,4
მეთანოლი	0,1	0,2	0,1	0,5
ბუთილაცეტატი	–	–	0,5	0,5
პროპანოლი	2,4	2,6	3,0	2,5
ბუთანოლი	0,1	0,1	0,3	0,3
იზოამილის სპირტი	2,5	3,5	2,6	2,5
H-ამილის სპირტი	4,2	5,6	4,5	4,0
ეთილპალმიტატი	0,5	2,2	1,4	0,2
ვანილინი	4,0	5,0	3,0	4,0
ფურფუროლი	3,6	–	3,5	5,6

ორთქლის ფაზის ანალიზი საშუალებას იძლევა ობიექტურად იქნეს შეფასებული კონკრეტულად იმ ნივთიერებათა კომპლექსი, რომლებიც განაპირობებენ სასმელის არომატს. ამ შემთხვევაში ის მრავალრიცხოვანი გაზომვები, რომლებიც ჩატარებულია ქართული ღვინოების კვლევისას [5], საშუალებას იძლევა წონასწორული ორთქლის ფაზის ანალიზის მონაცემების მიხედვით, შეფასებულ იქნას სხვადასხვა ღვინოების თვისობრივი მაჩვენებლები. აქ ხდება „არომატის რიცხვის“ გამოთვლა (ორთქლის ფაზაში მოცემული ნივთიერების კონცენტრაციის ფარდობა ამ ნივთიერების იმ ზღვრულ მნიშვნელობასთან, რომელიც შეიძლება შეიგრძნოს ადამიანმა). ზოგიერთი ღვინისათვის ეს მონაცემები მოცემულია ცხრილში.

ნაჩვენებია, რომ გამოკვლევულ ღვინოებში არომატის ფორმირებაში დიდ როლს თამაშობენ ალიფატური სპირტები, ეთერები, ფურფუროლი და ვანილინი. სამწუხაროდ, ზღვრული მნიშვნელობების ნაკრები მცირეა და ღვინოებში ზოგიერთი მათგანის შემცველობა ჯერჯერობით უცნობია.

ამგვარად, გაუმჯობესებულია ორთქლფაზური ტექნიკა და ნაჩვენებია, რომ ორთქლფაზური ანალიზის მონაცემები საფუძვლად უდევს სასმელის ხარისხის შეფასებას არომატის რიცხვის მიხედვით.

ლიტერატურა

1. А.Г. Витенберг, Б.В. Иоффе. Газовая экстракция. -Л., Наука, 1982, 252 с.
2. Sh. Shatirishvili, I. Ninoshvili. Gas chromatographic analysis of wine materials vapor phase. /Bulletin of the Georgian academy of Sciences. 162, N1, 2000, pp.87-88.
3. გ. ზაკალაშვილი, ლ. მუჯირი, ი. შათირიშვილი. ღვინოების ორთქლის ფაზის გაზური ქრომატოგრაფიული ანალიზი. /აგრარული მეცნიერებების პრობლემები, ტ. XXIV, 2003 წ., გვ. 76-77.
4. Шатиришвили И.Ш., Зельвенский В.Ю., Закалашвили Г.Н. /Бюлетень изобретений, 1988, N11, с. 32.
5. Шатиришвили И.Ш. Хроматография грузинских вин. –Тбилиси, Ганатлеба, 1988, 170 с.

SUMMARY

EVALUATION OF THE QUALITY OF WINES ACCORDING TO THE COMPLEX OF VOLATILE COMPONENTS

Shatirishvili Sh.I., Kiladze M.T., Chkhartishvili N.N. and Shatirishvili I.Sh.
Georgian Technical University

The technique of vapor phase analysis is improved and the possibility of simultaneous analysis of vapor and liquid phases without disturbing equilibrium is shown. The obtained data is the base for the assessment of the quality of alcoholic drinks according to the “complex of volatile components”.

Keywords: selective detector, aliphatic alcohols, vapor phase method, coloring substances.

ქვეყნისა და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ
ღვინოებში მეთალთა შედარებითი შემწავლა

სორდია ე.კ., ქვარცხავა გ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინო სულ უფრო და უფრო პოპულარული პროდუქტი ხდება ადამიანის ცხოვრებაში. თავისი სოციალური მნიშვნელობის გარდა, ღვინოს აქვს მნიშვნელოვანი ეკონომიკური გავლენა და კომერციული ღირებულებაც. ღვინის წარმოება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი სასოფლო-სამეურნეო პროცესია და მოითხოვს მასში შემაჯავლი ქიმიური ელემენტების მკაცრ ანალიზურ კონტროლს ყურძნის წარმოების პროცესიდან საბოლოო პროდუქტამდე [1]. ინფორმაცია ღვინის სხვადასხვა კომპონენტის რაოდენობრივი კონცენტრაციის შესახებ, მეღვინეობის ყველა ეტაპზე, მეღვინეებს საშუალებას აძლევს აკონტროლონ მაღალი ხარისხის ღვინის მიღების პროცესი გარკვეული გემოთი, ბუკეტით, ფერით, არომატით და გამჭვირვალობით [2,3]. ყურძნის ჯიშმა, დამუშავების მეთოდმა და მევენახეობის სტადიაზე ჩატარებულმა სამუშაოებმა, წყალმაც კი შეიძლება დიდი გავლენა მოახდინოს ღვინის ხარისხზე.

ღვინის ქიმიური შემადგენლობა ძალიან რთულია – მასში 9000-მდე ნაერთია იდენტიფიცირებული. ეთანოლის, შაქრის, ორგანული მჟავების, პოლიფენოლების, ცილების, ამინომჟავების, პოლისაქარიდების, ტანინების, არომატული და საღებარი ნივთიერებების გარდა ღვინო ასევე შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს. მათი მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ყურძნის კანი, კლერტი, წიპწა. ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ღვინის ორგანოლექტიკური თვისებების ჩამოყალიბებაში. ღვინის შემადგენლობაში გვხვდება სხვადასხვა ლითონები, რომლებიც შეიძლება იყოს თავისუფალი იონების, ორგანული მჟავების კომპლექსების, ასევე პექტინის, პოლისაქარიდების, პეპტიდების, ცილებისა და პოლიფენოლების დიდი მოლექტულების სახით [4].

ღვინოს დადებითი გავლენა აქვს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ხელს უწყობს ორგანიზმის გამდიდრებას Ca, Mg, Fe, K, Zn, Cu-ით. მძიმე მეტალები, როგორცაა ტყვია, რკინა, თუთია დასაშვებ ზღვრებში უნდა იყოს და ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფით გავლენას არ უნდა ახდენდეს. ამიტომ ღვინის შედგენილობის ანალიზს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს და უნდა ხორციელდებოდეს მუდმივი მონიტორინგი ღვინის წარმოების ყველა ეტაპზე.

მნიშვნელოვანია დადგინდეს, თუ საიდან ხდება მეტალების გადასვლა ღვინოში. მეტალები, როგორც საბოლოო პროდუქტი, შეიძლება წარმოიშვას როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური წყაროებიდან [3]. მათი კონცენტრაცია დამოკიდებულია ფაქტორების მინიმუმ ოთხ ჯგუფზე: პირველი – ნიადაგი, საიდანაც ყურძენი ითვისებს მინერალებს. მეტალები სხვადასხვა ფორმით ვაზის ფესვებიდან გადადიან მარცვალში და შეადგენენ ღვინოში არსებული იონების უმეტეს ნაწილს. მეორე ჯგუფი დაკავშირებულია ადამიანურ საქმიანობასთან: ვაზის მოყვანა, პესტიციდების, ფუნგიციდების და სასუქების გამოყენება. ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ჰაერის დაბინძურება. ყურძენში მძიმე მეტალების შემცველობა დამოკიდებულია იმ გარემოზე, სადაც მცენარე იზრდება [5]. მესამე ჯგუფი უკავშირდება ალკოჰოლური ფერმენტაციის განხორციელებას და შესაძლოა სხვადასხვა ნივთიერებების დამატებას ღვინის წარმოებაში [6]. მეოთხე – ღვინის დასამზადებლად გამოყენებული ადჭურვილობა, რა მასალებია გამოყენებული ღვინის დაყენების პროცესში, თუ რა პირობებში ხდება ღვინის დაძველება, კონსერვაცია და ჩამოსხმა [5,6].

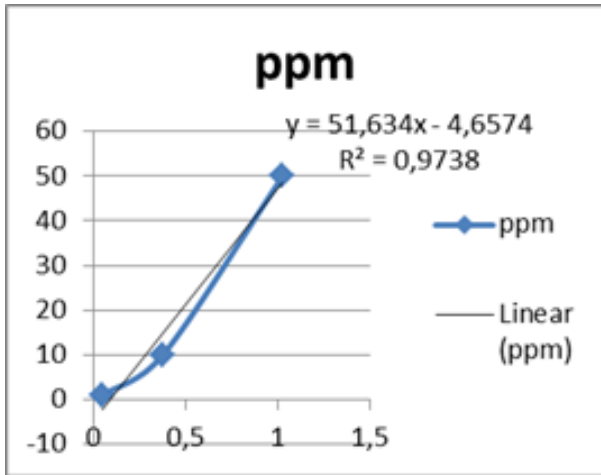
ცნობილია, რომ ყურძენი მგრძობიარეა ნიადაგის ჭარბი მარილიანობის მიმართ. ვაზის კედომა მატულობს საირიგაციო წყალში მარილების კონცენტრაციის ზრდისას. როგორც კი იონები ხვდებიან ფესვთა სისტემაში, მათ შეუძლიათ დაგროვება ფოთლებში, მარცვალში და იწვევენ მინერალურ ბალანსში ცვლილებებს. ზოგიერთი იონი (K, Ca, Na) აუცილებელია ვაზის ზრდისთვის და მაღალხარისხოვანი ყურძნის მოსაყვანად საჭირო მინერალური ბალანსის უზრუნველსაყოფად. კალიუმი შეადგენს ყურძნის მშრალი წონის 3%-ს, ნატრიუმი საჭიროა შედარებით ნაკლები

რაოდენობით და ჩვეულებრივ ყურძნის მშრალი წონის 0,5%-ზე ნაკლებია. მათმა მაღალმა კონცენტრაციებმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს ღვინის ხარისხზე [7].

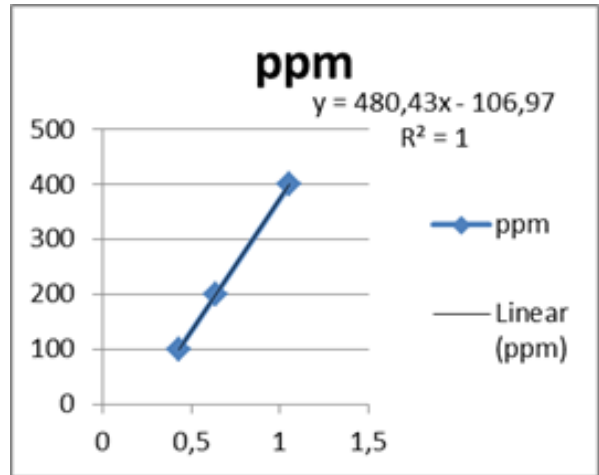
დღესდღეობით როგორც საქართველოში, ასევე მის ფარგლებს გარეთ ქვევრის ღვინო სულ უფრო და უფრო პოპულარული ხდება, რასაც ქვევრის ღვინის მწარმოებლების რაოდენობის სწრაფი ზრდა ადასტურებს. ქვევრის და ევროპული წესით დაყენებული ღვინოები განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მათი განსხვავებულობა გამოიხატება როგორც გემოთი ასევე ფერით.

ჩვენი კვლევის მიზანია დადგინდეს რა გავლენას ახდენს ქვევრი ღვინის გარკვეულ პარამეტრებზე, რით განსხვავდება იგი ევროპული წესით დაყენებულ ღვინოსთან შედარებით და ექსტრაგირდება თუ არა ქვევრის კედლებიდან ღვინოში მეტალების გარკვეული რაოდენობა.

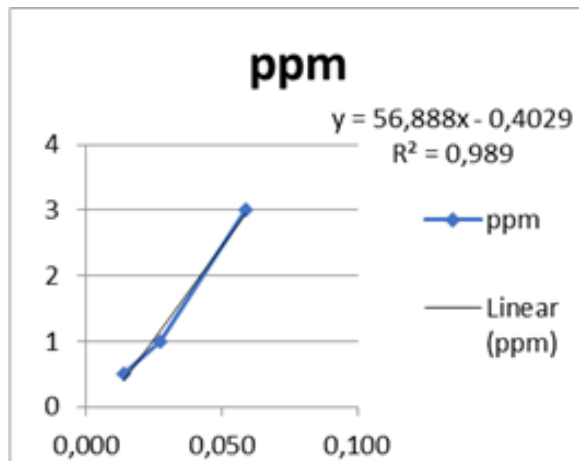
ექსპერიმენტისთვის შერჩეულ იქნა კახეთის ცნობილი ჯიშები, რქაწითელის და ქისის ქვევრისა და ევროპული წესით დამზადებული ღვინოები. ორივე ჯიშის ყურძენი დაკრეფილ იქნა ერთსა და იმავე პერიოდში, ღვინოების წლოვანებაც ერთია, ღვინოები ინახებოდა ერთნაირ პირობებში. ექსპერიმენტი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ბაზაზე არსებულ ლაბორატორიაში.



ა



ბ



გ

ზოგიერთი მეტალის სტანდარტის საკალიბრო მრუდი

ა – Mg; ბ – K; გ – Na

ღვინოში მეტალების კონცენტრაციის განსაზღვრის რეკომენდებული მეთოდები ძირითადად დაფუძნებულია ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრიაზე, რომელსაც ახასიათებს სელექციურობა, მაღალი მგრძობიარობა და პირდაპირი გაზომვების უნარი [3]. ელემენტების კონცენტრაციები განისაზღვრა მეტალების სტანდარტული ხსნარებით. საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად გამოყენებულ იქნა 1000 მკგ/ლ კონცენტრაციის სტანდარტული ხსნარი, საიდანაც აღებულ იქნა კონცენტრაციის სამი განსხვავებული წერტილი.

ღვინის ნიმუშებში განსაზღვრული მეტალების კონცენტრაციები

	რქაწითელი (ქვევრი)	რქაწითელი (ვეროპული წესით)	ქისი (ქვევრი)	ქისი (ვეროპული წესით)
Mg (ppm)	2,29	2,47	3,27	3,32
K (ppm)	3,94	3,96	4,07	4,08
Na (ppm)	0,22	0,17	0,18	0,15
Ca (ppm)	37,6	35,02	48,01	44,05
Al (ppm)	0,40	1,28	0,99	1,02
Pb (ppm)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fe (ppm)	<1	<1	<1	<1
Zn (ppm)	<1	<1	<1	<1

მეტალების განსაზღვრის შედეგად დადგინდა, რომ ჩვენ მიერ შერჩეული ვახის ჯიშების ღვინოებში მძიმე მეტალების (Pb, Fe, Zn) შემცველობა დასაშვებ ზღვრებშია. როგორც ვიცით, ქვევრის თიხის შემადგენლობაში გვხვდება კალინიტი, კვარცი, მინდურის შპატი, ქარსი, ასევე რკინის, კალციუმის, მაგნიუმის, ნატრიუმის და სხვ. ქანგულები. დადგენილია, რომ ქვევრის ფსკერი ასრულებს ერთგვარ სორბენტის როლს, რადგან იქ იღეპება ღვინოში შემავალი მეტალების დიდი ნაწილი. ჩვენ მიერ გაანალიზებულ ნიმუშებში, როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, მინერალური ნივთიერებების (Na, Ca) რაოდენობა მეტია ქვევრში დაყენებულ ღვინოში, ვიდრე ვეროპული წესით დამზადებულში. რქაწითელის ქვევრის ღვინოში ნატრიუმის შემცველობა 0,22 ppm-ს შეადგენს, ხოლო კალციუმი 37,6 ppm-ია. ნიმუშებში შეიმჩნევა ასევე Ca-ის მაღალი შემცველობა ქვევრის ღვინოში ვეროპული წესით დამზადებულთან შედარებით. რქაწითელის ქვევრის ღვინოში Ca 37,6 ppm-ს შეადგენს, იმავე ჯიშის ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში 35,02 ppm, ხოლო ქისის ქვევრის ღვინოში 48,01 ppm ვეროპული წესით დამზადებულში 44,05 ppm. K-ის შემცველობა ორივე ტიპის ღვინოში თითქმის თანაბარია. Mg-ის შემთხვევაში ფიქსირდება მცირედი განსხვავება, უფრო მეტი რაოდენობითაა მოცემული ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოებში ქვევრის ღვინოებთან შედარებით. რაც შეეხება ალუმინს, მისი შემცველობა ბევრად მეტია ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში, შეადგენს 1,22 ppm-ს, როცა ქვევრის ღვინოში მხოლოდ 0,4 ppm-ია.

ამრიგად, ჩვენ მიერ შესწავლილ ღვინოებში საგარაუდოა, რომ მინერალური ნივთიერებების შედარებით მაღალი შემცველობა გამოწვეულია ღვინის დაყენებით ქვევრში, რადგან ქვევრის კედლებიდან ხდება კალციუმისა და მაგნიუმის იონების მიგრაცია ღვინოში.

ლიტერატურა

1. Niina J. Ronkainen. Determination of Trace Elements in Wine by Atomic Spectroscopy and Electroanalytical Methods. USA, October 2016. DOI:10.5772/64932. pp: 418-422
2. Trajče Stafilov, Irina Karadjova. Atomic Absorption Spectrometry In Wine Analysis. Macedonian, January 2009. Vol. 28, No. 1, pp: 17–31.
3. Blanka Tariba. Metals in Wine—Impact on Wine Quality and Health Outcomes. Croatia, April 2011. DOI 10.1007/s12011-011-9052-7, pp: 143–156.
4. Krystyna Pyrzynska. Chemical speciation and fractionation of metals in wine. Warsaw, Poland, 2007. DOI: 10.3184/095422907X198040. pp:1-8.
5. Janja Kristl, Marjan Veber, and Metka Slekovec. The Contents Of Cu, Mn, Zn, Cd, Cr and Pb at Different Stages Of The Winemaking Process. Slovenia 2003, p:123–136.
6. M. Blesić, Maja Drmać, Kristina Batinić, Nermina Spaho, Mirela Smajić Murtić, M. Zele. Levels of selected metals in wines from different Herzegovinian viticultural localities. Bosnia and Herzegovina, 2017. DOI: 10.17508/CJFST.2017.9.1.01. pp:1-4.

SUMMARY

DETERMINATION OF METAL CONTENT IN QVEVRI AND EUROPEAN STYLE WINE SAMPLES

Sordia E.K. and Kvartskhava G.R.

Georgian Technical University

Wine is becoming an increasingly sought after product not only in Georgia but around the world too. It takes a significant place in the dining culture, therefore, its quality is important. Throughout centuries, Georgian people developed a particular way winemaking - holding concentrated grape juice in a large underground clay vessel- Qvevri. Minerals in wine play an important role in forming its organoleptic qualities. The qualities include taste and aroma. According to the previous research, high contents of calcium and potassium are due to using hard water for the irrigation of vine plants. Sodium and calcium migrate from the walls of a Qvevri, a widely used vessel in winemaking in Georgia. In this case, measured high concentrations are explained by this particular preparation process in Qvevri. Therefore, it is important to determine the sources of these metals.

Keywords: wine, metals, atomic absorption spectrometry.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ

Баль-Прилипко Л.В., Гармаш А.М

Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев, Украина

Использование ферментов является перспективным направлением в производстве вареных колбасных изделий. Процессы, происходящие в мясной системе при применении ферментов, с успехом могут быть реализованы на белковых субстратах при использовании на основе активированной воды [1]. Наиболее изученным способом ферментативного реструктурирования мясного сырья является применение трансклутаминазы.

Целью работы является совершенствование технологии вареных колбасных изделий (сосисок) с использованием активированной воды, растительного белка (глутена) и препарата трансклутаминазы Activa®GS. Стандартным образцом контроля были избраны сосиски, не содержащие названных ингредиентов.

Перед началом работ с использованием фермента следует определять его активность. Данный процесс характеризуется однако, высокой длительностью и трудоемкостью. Недостатками являются также сложности в приготовлении реактивов и использование дорогостоящего оборудования. В связи с этим перспективным направлением исследований является разработка простого в использовании и эффективного способа определения качества фермента с помощью количественного показателя каталитической эффективности препарата трансклутаминазы. Способ определения ее каталитической эффективности был разработан на кафедре технологии мясных, рыбных и морепродуктов НУБиП Украины [3].

В экспериментальных исследованиях для формирования стандартного геля был использован пищевой желатин и препарат трансклутаминаза Activa®GS. Для приготовления их растворов был использован буферный раствор с $\text{pH} = 7,4$. Показатель пенетрации гелей определяли пенетрометрами Ulab 3-31 М с конусным индектором (угол конуса 60°). Для термостатирования образцов и активации фермента использовали ультратермостат Ultratherm BWT-UBIOSAN. Контролем был раствор желатина не содержащий препарат трансклутаминазы.

Использование предложенного способа в условиях производственных лабораторий предприятия, научных организаций позволяет осуществлять оценку эффективности образования изопептидных связей промышленными препаратами трансклутаминазы без применения сложного, дорогостоящего оборудования и реактивов.

Активность фермента трансклутаминазы проводили на основе разработанного метода определения каталитической эффективности препарата трансклутаминазы. Целью работы было сравнение ее активности в системах на основе активированной и водопроводной воды.

Полученные экспериментальные диаграммы описывают величину пенетрации геля, полученного из раствора желатина и буферной смеси, католита, водопроводной воды с добавлением различного количества ферментного препарата трансклутаминазы в условиях термостатирования при температуре 50°C с последующей инактивацией и выдержкой для желирования в течении 12 часов при 25°C [2]:

Наименьшие показатели пенетрации характерны для католита (активированной воды из катодного пространства электролизера) при $\text{pH} = 10$ имеет самые низкие показатели пенетрации при наименьших и наибольших концентрациях препарата трансклутаминазы. При использовании водопроводной воды были получены обратные результаты. Показатель пенетрации и сила геля изменяются антибатно, т.е. наибольшие значения пенетрации были получены при наименьшей силе геля.

Таким образом, наивысшая активность ферментного препарата трансклутаминазы Activa®GS проявляется при использовании католита. Мясной фарш относится к системам с коагуляционной структурой, частицы которой связаны в сплошной каркас силами межмолекулярного взаимодействия. За счет данных изменений в рецептуре сосисок функционально-технологические свойства фаршей также изменились. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Функционально-технологические свойства опытного и контрольного фарша

Показатель	Образцы фарша	
	контроль	опыт
Содержание влаги, %	57,3±0,29	62,37±0,31
ВСС _м , % к фаршу	62,5±0,31	65,2±0,33
ВСС _а , % к общей влаге	80,4±0,4	89,7±0,45
Напряжение смещения, Па	9,7±0,05x10 ⁻⁶	4,3±0,02x10 ⁻⁶
Характеристики цвета	X=85,3±0,43, Y=80,41±0,4, Z=51,90±0,26	X=66,93±0,33, Y=60,29±0,3, Z=32,43±0,16
Пластичность, см ² /г	31,32±0,16 x 10 ³	26,66±0,13 x 10 ³

p<0,05

Способность пшеничного белка образовывать гидромодуль позволяет фаршевой системе удерживать большее количество реакционноспособной влаги, что подтверждается данными, полученными при сравнении опытного и контрольного образца. Согласно результатам исследований, ВСС и ВСС опытного образца фарша выше, чем при использовании контрольного образца, что объясняется состоянием в системе воды и глютена. Исследования напряжения сдвига опытных образцов также имеют лучшие показатели за счет наличия в рецептуре трансклутаминазы, улучшающей структурные и функционально-технологические свойства мясных систем.

Эмульгирующая способность и стабильность эмульсии фарша положительно влияют на выход колбасных изделий, их консистенцию, сочность, товарный вид.

Результаты исследования физико-химических показателей контрольных опытных образцов представлены в таблице 2:

Таблица 2. Физико-химические показатели опытного и контрольного образцов сосисок

Наименования, %	Контроль	Опыт	Нормы ДСТУ 4436:2005
Белок	16,07±0,03	18,9±0,11	не менее 12
Жир	22,76±0,05	20,45±0,04	не более 30
Влага	68,14±0,14	71,29±0,16	не более 70
Зола	3,01±0,001	3,84±0,001	не нормируется
Поваренная соль	0,07±0,01	0,05±0,01	не более 2,5
Общее содержание фосфата в пересчете на P ₂ O ₅	5676,5	-	не более 10000
Содержание фосфата в пересчете на P ₂ O ₅ , мг/кг	1659	-	не более 4000
Энергетическая ценность, кКал	269,12±1,346	259,65	-
pH	7,46±0,04	6,92±0,035	-
ОВП	+107	-21,38	-

p<0,05

Представленные результаты физико-химических показателей контрольных и опытных образцов сосисок показывают их соответствие нормативным требованиям. Массовая доля белка в опытном образце увеличилась за счет внесения глютена; содержание нитрита натрия уменьшилось под действием активированной воды.

Для оценки пищевой ценности был изучен аминокислотный состав фарша вареных колбасных изделий (сосисок) представлен в таблице 3.

Таблица 3. Аминокислотный состав фарша вареных колбасных изделий (сосисок) опытного и контрольного образцов

Название незаменимой аминокислоты	Эталон ФАО/ВСЗ г/100 г белка	Образцы			
		контроль		опыт	
		г/100 г белка	аминокислотный скор, %	г/100 г белка	Аминокислотный скор, %
Лейцин	7	8,283±0,041	118,3	9,659±0,048	137,9
Метионин + цистин	3,5	4,031±0,02	115,2	5,012±0,025	143,2
Валин	5	5,186±0,056	103,7	5,347±0,027	106,9
Лизин	5,5	6,256±0,031	113,8	6,846±0,034	124,5
Треонин	4	4,169±0,021	104,2	4,257±0,021	106,4
Фенилаланин + тирозин	6	6,112±0,031	101,9	6,345±0,032	105,8
Триптофан	1	0,999±0,049	99,9	1,007±0,005	100,7
Изолейцин	4	4,572±0,023	114,3	4,846±0,024	121,2
Сумма	36	39,608±0,19	-	43,319±0,21	-

p<0,05

Полученные данные свидетельствуют о присутствии, как в контрольных так и в опытных образцах всех необходимых незаменимых аминокислот в количествах, превышающих рекомендованные нормы ФАО/ВСЗ, что позволяет сделать вывод о высоком качестве белковых компонентов исследуемых колбас.

Важным этапом исследования готовых мясных изделий является определение их жирно-кислотного состава, соответственно, биологической ценности.

Содержание пальмитиновой и стеариновой кислот в липидах контрольных образцов вареных колбас является меньшим по сравнению с контрольными и составляет 36,49-42,57%. Пальмитиновая кислота входит в состав глицеридов жиров и является конечным продуктом синтеза жирных кислот из ацетил-КоА. Ее наличие в липидах сосисок является чрезвычайно важным с точки зрения включения углеводов в цикл синтеза трикарбоновых кислот, а стеариновая кислота, как одна из наиболее распространенных в природе жирных кислот, входит в форме глицеридов в состав выполняющих функцию энергетического депо липидов.

Сумма мононенасыщенных жирных кислот варьируется в диапазоне 47,98 - 52% при преобладании содержания олеиновой кислоты, а ее количество в опытных и контрольных образцах существенно не отличается.

Полиненасыщенные жирные кислоты, положительно влияющие на обмен веществ и холестерина, являются жизненно необходимыми компонентами рациона питания. Однако, по суммарному содержанию их количества в образцах вареных колбас являются существенно меньшими по сравнению с другими группами кислот и варьируются в диапазоне 9,79–16,46%. Следует отметить, что в экспериментальных образцах фаршей сумма массовых долей биологически эффективных жирных кислот в два раза выше, чем в контрольных образцах.

Таблица 4. Перевариваемость белков сосисок *in vitro* опытного и контрольного образца

Фермент	Перевариваемость, мг тирозина/г белка	
	Контрольные образцы	Опытные образцы
Пепсином	12,13±0,06	13,62±0,07
Трипсином	13,53±0,07	14,16±0,07
Общая перевариваемость	25,66±0,13	27,78±0,14

p<0,05

Результаты определения перевариваемости белков *in vitro* дают возможность предсказать степень утилизации белков организмом человека. Так, согласно с данными эксперимента, общая перевариваемость белков в опытных образцах сосисок выше контрольных

на 2,12 мг тирозина/г белка, что свидетельствует о положительном влиянии ферментного препарата на пищеварение.

На основании результатов комплексных исследований установлено, что реализация усовершенствованной технологии вареных колбасных изделий на базе активированной воды с включением растительного белка и препарата трансглутаминазы Activa®GS позволяет улучшить показатели качества и безопасности готовых изделий. Экспериментальные данные подтверждены промышленной апробацией. Разработаны и утверждены в установленном порядке изменения в технической документации ТУ15.1.-32903790-003: 2006 «Колбасные изделия вареные».

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.В. Баль-Прилипко, Н.М. Слободянюк, Б.И. Леонова, Ю.П. Крыжова. Актуальные проблемы мясоперерабатывающей отрасли. - К.: Компринт, Изд. 2-е, 2016, 423 с.
2. Л.В. Баль-Прилипко и др. Антиоксидантные свойства католита. // Вода в пищевой промышленности, Тез. VII Всеукр. научн.-практ. конф., Одесса, 26-27 апреля 2016, Одесса: ОНАХТ, 2016, сс. 4-7.
3. Л.В. Баль-Прилипко, А.С. Виннов, Б.И. Леонова, А.М. Гармаш, Р.В. Александров. Патент 90939 Украина, МПК C12N 9/10 (2006.01). Способ определения каталитической эффективности препарата трансглутаминазы. - заявка № 201401090; Заявл. 05.02.2014; Оpubл. 10.06.2014, Бюл. № 11.

SUMMARY

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF BOILED SAUSAGE PRODUCTS WITH THE APPLICATION OF BIOTECHNOLOGICAL METHODS

Bal-Prylypko L.V. and Garmash A.M.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The technology of boiled sausages was optimized in use of preparation of trans-glutaminaza, activated water, and vegetative albumen. Their use permitted to improve indices of quality and safety of sausages in process of their storage.

Keywords: biotechnology, safety, trans-glutaminaza, boiled sausages

დამბალხაჭოში აღმოჩენილი ძირითადი სოკოს სახეობები

ძირკველიშვილი ნ.დ., ქვარცხავა გ.რ., აფციაური ლ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მთელ მსოფლიოში აგრარული მეურნეობის ტემპის ზრდამ და სასურსათო პროდუქტებზე გაზრდილი მოთხოვნილების დაკმაყოფილების აუცილებლობამ, განაპირობა ახალი მეთოდების შემუშავება და არსებულის გაუმჯობესება. აღნიშნულიდან გამომდინარე გადავწყვიტეთ დამბალხაჭოს ბიო-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შესწავლა, რაც საშუალებას მოგვცემს შევინარჩუნოთ ტრადიციული პროდუქტის გემური თვისებები.

დამბალხაჭოს მომწიფებაში მონაწილე მიკროორგანიზმები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ.

მიკროფლორა შესაძლებელია დაიყოს ორ ჯგუფად: სტარტერული რძემჟავა ბაქტერიები და მეორეული მიკროორგანიზმები. სტარტერული მიკროორგანიზმები წარმოქმნიან მჟავას და ხელს უწყობენ პროდუქტის მომწიფების პროცესს. ხოლო მეორეული მიკროორგანიზმები კი, როგორცაა საფუერები და ობის სოკოები, იზრდებიან პროდუქტის შიგნით, ან მის ზედაპირზე და წვლილი შეაქვთ ორგანოლექტიკური თვისებების ჩამოყალიბებაში [1].

რაც შეეხება ობს და საფუერებს, საფუერების დაახლოებით 1500-მდე სახეობაა აღმოჩენილი, რომლებიც იწვევენ სხვადასხვა სასურსათო ნედლეულისა და მზა პროდუქტის გაფუჭებას. პროდუქტის ზედაპირზე მოხვედრილი საფუერები იყენებენ რძემჟავას და იწვევენ მისი მჟავიანობის შეცვლას, ხოლო გამწარებას განაპირობებს თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები, რომელიც წარმოიქმნება საფუერების ცხიმებზე მოხვედრისას [2].

სოკოები სურსათის გაფუჭების გამომწვევი მიკროორგანიზმებია. ობის სოკოები ხასიათდებიან სწრაფი გამრავლების უნარით. სასურსათო პროდუქტების და სასურსათო ნედლეულის ზედაპირზე მოხვედრის შემთხვევაში, წარმოქმნიან არასასიამოვნო სუნის მქონე ფიფქისებურ კოლონიებს. ხასიათდებიან მაღალი ფერმენტული აქტივობით. წარმოქმნიან ლიპოლიზურ, პროტეოლიზურ, ფერმენტებს. ცილებს შლიან მონომერებად, ცხიმების დაშლის შედეგად წარმოქმნიან ცხიმოვან მჟავებს, კეტონებს, ალდეჰიდებს, რასაც თან სდევს უსიამოვნო გემოსა და სუნის წარმოქმნა. შედეგად, სურსათის სასაქონლო სახე ქვეითდება. ობის სოკოები კარგად ვითარდებიან რძის პროდუქტების ზედაპირზე და გამოყოფენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს – მიკოტოქსინებს, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი ტოქსიკურობით. მათი მცირე რაოდენობაც კი ძლიერ ტოქსიკურობას ავლენს. შეუძლიათ მარტივად დიფუნდირდნენ სასურსათო პროდუქტებსა და სასურსათო ნედლეულის ღრმა ფენებში. მათი უმრავლესობა არის თერმომდგრადი და ძალიან კარგად უძლებს მაღალ ტემპერატურაზე დამუშავებას. მჟავე არეში ინარჩუნებენ მდგარობას. ტუტე არეში იშლებიან და წარმოქმნიან არატოქსიკურ ან ნაკლებად ტოქსიკურ ნაერთებს [3].

დამბალხაჭოს მიკროფლორის ბუნება განსხვავდება ერთმანეთისგან და ეს ძირითადად დამოკიდებულია გეოგრაფიულ ადგილმდებარეობაზე, სადაც მოხდა პირველადი ნედლეულის-რძის მიღება, აგრეთვე პროდუქტის შენახვის პირობებზე, როგორცაა გამოშრობა, ტემპერატურა, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა და შენახვის სხვა მეთოდები.

მასში არსებული მიკროფლორა ერთის მხრივ შესაძლოა წარმოადგენდეს პოტენციურ საფრთხეს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, იმიტომ რომ მათი მეტაბოლიტური ნივთიერებები შეიცავდნენ მეორად მეტაბოლიტურ პროდუქტებს-მიკოტოქსინებს. მიკოტოქსინების მნიშვნელოვანი მწარმოებლები არიან: ასპერგილიუსის, პენიცილიუმის და ფუსარიუმის სახეობები [4].

სოკოები, რომელიც დამბალხაჭოში გვხვდება, შესაძლოა პროდუქტს გადაეცეს უშუალოდ რძისგან და ასევე, შესაძლებელია წარმოიქმნას პროდუქტის დამზადების პროცესში, როგორც დამოუკიდებლად, ასევე გარემოდან, ან ხელოვნურად შეყვანილი

– სტარტერული კულტურების სახით. მაგრამ ის სოკოები, რომლებიც რძეში არსებობენ, ან იმ გარემოში, სადაც პროდუქტის დამზადება მიმდინარეობს, ნაკლები ალბათობა და შანსი აქვთ, რომ ხანგრძლივად იარსებონ ან გამრავლდნენ მზა პროდუქტში. ეს უშუალოდ გამოწვეულია დამბალხაჭოს ბიოქიმიური შედგენილობით და მიკროფლორისა და მიკროფაუნის დამაბრკოლებელი, ხელის შემშლელი მოქმედებით.

სოკოებმა აგრეთვე შესაძლებელია უარყოფითად იმოქმედოს პროდუქტის ხარისხზე და გამოიწვიოს გარეგნული დეფექტები, ნაკლოვანებები, არომატის წახდენა, და, რაც ყველაზე მთავარია, ხელი შეუწყონ ტოქსიკური, მეორეული მეტაბოლიტური პროდუქტის შექმნას.

ექსპერიმენტული ნაწილი

საწყის ეტაპზე შევისწავლეთ ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული რძის მონაცემები. გავარკვეეთ მისი ქიმიური შედგენილობა და აღმოჩნდა, რომ არსებული ნედლეულის ქიმიური პარამეტრები შეესაბამებოდა სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს.

ნედლეული, რომელიც გამოვიყენეთ დამბალხაჭოს მოსამზადებლად იყო: I ხარისხის რძე, ბაქტერიული დედო, შემადგენელი ფერმენტი ქიმოზინი, კალციუმის ქლორიდი და მარილი. პირველადი პროდუქტი ხაჭო, მოვამზადეთ ტრადიციული მეთოდით და შემდეგ მოვახდინეთ მისი მეორეული გადამუშავება საბოლოო პროდუქტის მიღების მიზნით.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შეგვესწავლა მომწიფების პროცესში მონაწილე ობის სოკოები. მათი გარკვეული ნაირსახეობები გამოკვლეული იქნა დამბალხაჭოში სტარტერულ კულტურაზე დაყრდნობის მეთოდით. აღმოჩნდა რომ პროდუქტი ძირითადად მაფერმენტირებელ მიკროფლორას წარმოადგენს, რომელიც მომწიფების პროცესში ვითარდება და იმ არსებითი მნიშვნელობის მქონე სოკოს ტიპებს მიეკუთვნება, რომლებიც დამბალხაჭოში ბინადრობენ და იზრდებიან. ასეთი მიკოტოქსიგენური სოკოებია: *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*.

მიკროსკოპული სოკოების იდენტიფიკაციისათვის შესწავლილი იქნა მათი ფიზიოლოგიური მახასიათებლები, როგორცაა: სხვადასხვა ტემპერატურაზე (10 °C, 20 °C, 25 °C, 30°C) და ფარდობითი ტენიანობის სხვადასხვა პირობებში ზრდა. შედეგები მოცემულია ცხრილში:

სოკოების ფიზიოლოგიური მახასიათებლები კწ/გ-ში

სოკოვანი შტამები	10 °C, 80%	20 °C, 85%	25 °C, 90%	30 °C, 95%
<i>Fusarium</i>	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*3}	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*4}
<i>Penicillium</i>	1×10 ^{*4}	1×10 ^{*5}	1×10 ^{*7}	1×10 ^{*7}
<i>Aspergillus</i>	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*4}	1×10 ^{*5}	1×10 ^{*6}
<i>Cladosporium</i>	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*4}	1×10 ^{*6}	1×10 ^{*6}
<i>Mucor</i>	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*2}	1×10 ^{*3}	1×10 ^{*3}

დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ დამბალხაჭოში აღმოჩენილ ძირითადი სოკოს სახეობებზე გარემოს მაღალი ტემპერატურა (20 – 30 °C) და ჰაერის მაღალი ფარდობითი ტენიანობა (85 – 95%) ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მათი განვითარებისათვის.

როგორც ჩანს, ევოლუციის პროცესში მათ აქვს უნარი ახალი ფორმების და ფიზიოლოგიური რასების წარმოქმნის. აღნიშნული სოკოები დამბალხაჭოში ძალიან ნელი ტემპით ვითარდება 5 °C-ს დროს, საშუალოდ იზრდება 20 – 25 °C- ზე. ინტენსიურად ვითარდებიან 25-30 °C-ის ტემპერატურის პირობებში.

ლაბორატორიული კვლევებით დადგინდა, რომ ობის გამომწვევი სოკოები წმინდა კულტურაში ხასიათდება სწრაფი განვითარების უნარით.

ტოქსინის წარმოშობა ყველაზე მაღალია 10 °C დან 20 °C გრადუსამდე ინტერვალში. პროდუქტის შენახვა 80% ტენიანობის პირობებში ამცირებს სოკოს ზრდას და შესაბამისად ხელს უშლის ტოქსინის წარმოშობასაც.

ამრიგად, მიკოტოქსინთა განვითარებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ბიოტური და აბიოტური ფაქტორები. მათ შესწევთ უნარი მნიშვნელოვნად შეაფერხონ და ხელი შეუშალონ სოკოს განვითარებას, აღმოფხვრას ან მინიმუმამდე შეამციროს მიკოტოქსინთა დონეები.

დამბალხაჭოში არსებული სოკოს სახეობები არ შეიძლება დავაჯგუფოთ, როგორც ტექნოლოგიური ან დამასნებოვნებელი სოკოს ტიპები, იქიდან გამომდინარე რომ ერთი და იგივე სახეობა შესაძლოა ერთ შემთხვევაში გამოყენებული იქნას როგორც მომამწიფებელი კულტურა და მეორე შემთხვევაში შეიძლება მოგვევლინოს სრულიად უსარგებლოდ. სხვადასხვა სახეობის ობის სოკომ რძის სხვადასხვა პროდუქტზე შესაძლოა იმოქმედოს როგორც დადებითად, ასევე უარყოფითად. მაგალითად (*Aspergillus*) შესაძლოა გამოვიყენოთ როგორც ძირითადი მომამწიფებელი კულტურა დამბალხაჭოს შემთხვევაში, მაშინ როცა სხვა სახეობის რძის პროდუქტებში ის მიიხსნება დამასნებოვნებლად.

მიკოტოქსინთა კონტროლის წარმატებული შედეგები მივიღეთ იქ სადაც გათვალისწინებული იყო კონკრეტული პირობები, როგორც დამზადების ასევე შენახვის დროს. ვინაიდან გარემო პირობების ცვალებადობა მუდმივად ახდენდა ზეგავლენას მიკოტოქსინთა არსებობაზე, მათი რაოდენობისა და ხარისხის ცვალებადობაზე, ტოქსიკურობის დონეებზე, ცოცხალი და არაცოცხალი ფაქტორების ზემოქმედებაზე.

ლიტერატურა

1. Beresford P., Fitzsimons N., Brennan N., Cogan T. Recent advances in cheese microbiology. //International Dairy Journal, 2001, 11, 259-274 pp.
2. <https://www.sciencedirect.com/book/9781855737068/yeasts-in-food>
3. <https://www.sciencedirect.com/science/book/9781855737068>
4. Magan and Aldred 2007; Fox and Howlett 2008
5. Moretti, Antonio. Taxonomy of *Fusarium* genus: A continuous fight between lumpers and splitters. //Proceedings of the Matica Srpska for Natural Sciences, 2009, pp. 7-13.
6. Watanabe Maiko, Yonezawa Takahiro, Lee Ken-ichi, Kumagai Susumu, Sugita-Konishi Yoshiko, Goto Keiichi, Hara-Kudo Yukiko "Molecular phylogeny of the higher and lower taxonomy of the *Fusarium* genus and differences in the evolutionary histories of multiple genes". //BMC Evolutionary Biology, 2011, 11 (1): 322 p.

SUMMARY

THE MAIN FUNGUS'S SPECIES WHICH ARE DISCOVERED IN DAMBALKHACHO

Dzirkvelishvili N.D., Kvartskava G.R. and Aftsiauri L.G.

Georgian Technical University

The growth of agriculture around the world and the necessity to satisfy the growing demand for food products have led to the development of new methods and to the improvement of existing ones. One of such products is Dambalkhatcho, which is a protein concentrate obtained through special processing of milk and is a food product with high nutritional value, which is rich with taste properties. We can freely call it one of the most popular dairy products. As a result of microbiological, enzymatic and other biochemical processes in the product, the finished product acquires new, valuable organoleptic and useful properties compared to the milk and the body (organism) assimilates it much more easily. Therefore, the rational and cost-effective use of milk to obtain a quality product will be possible if the basic principles of dairy technology are perceived at a professional level.

Keywords: mold, dairy products, promotion of local production.

რძემშავა ბაქტერიების როლი ღამბაღნაჯოს მომწიფებაში

ძირკველიშვილი ნ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საბაზრო ეკონომიკის პრინციპებიდან გამომდინარე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მაღალხარისხიანი რძის პროდუქტების წარმოებას და მისი ასორტიმენტის გაზრდას. საქართველოს რძის პროდუქტების წარმოების ასორტიმენტში დღემდე წარმოდგენილი არ არის დამბაღნაჯო, რომელიც თავისი ორიგინალობით დიდი პოპულარობით სარგებლობს. პროდუქტი ოდითგანვე იწარმოებოდა საქართველოს მაღალმთიან ზონაში. შესაბამისად მისი მაფერმენტირებელი მიკროფლორა და დამზადების ტექნოლოგია შენარჩუნებულია მხოლოდ არსებულ რეგიონებში და ოჯახურ მეურნეობებში. აღნიშნული პროდუქტის ბიოქიმიური და მიკრობიოლოგიური შესწავლა საშუალებას მოგვცემს შევინარჩუნოთ ამ უნიკალური პროდუქტის სპეციფიკური მიკროორგანიზმები და ამასთან ერთად მეწარმეებს შევთავაზოთ დამბაღნაჯოს საწარმოო ტექნოლოგია და სტანდარტული პროდუქტი. ვინაიდან მთიან რეგიონებში წარმოებული დამბაღნაჯო არ შეესაბამება სტანდარტებს.

დამბაღნაჯოს მომწიფებაში უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებენ მიკროორგანიზმები, წორედ მათზეა დამოკიდებული საბოლოო პროდუქტის ხარისხი და კვებითი ღირებულება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა შეგვესწავლა დამბაღნაჯოს მომწიფებაში მონაწილე რძემჟავა ბაქტერიები, აგრეთვე შეგვეშემაჯებინა ისეთი ტექნოლოგიური პროცესები და შეგვეჩინა სტარტერული კულტურები, რომელიც განაპირობებს რძის ნაწარმის ბიოლოგიური ღირებულების ამაღლებას, ხანგრძლივი შენახვის ვადების უზრუნველყოფით, რაც მეტად აქტუალურია და წარმოადგენს მნიშვნელოვან სოციალურ ამოცანას.

კვების პროდუქტების მრეწველობისათვის მნიშვნელოვანი ლაქტობაქტერიები კარგად შესწავლილ და დახასიათებულ ჯგუფს წარმოადგენს. რძემჟავა ბაქტერიების ის სახეობები, რომლებიც საზოგადოდ აღიარებულია, როგორც უსაფრთხო (GRAS - Generally Recognized As Safe), ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის პროდუქტების წარმოებაში: ფერმენტირებული რძის პროდუქტების წარმოებისას, ხორცისა და თევზის მრეწველობაში, ბოსტნეულის და ხილის ბიოლოგიური კონსერვაციის დროს. აგრეთვე პერსპექტიული აღმოჩნდა ლაქტობაქტერიებისა და მათ მიერ სინთეზირებული ბაქტერიოციტინების საწარმო გამოყენება ბიოპრეზერვატორების (ბიოკონსერვანტების) სახით [1,2].

რძემჟავა ბაქტერიების რიცხვს ეკუთვნის გრამ-დადებითი, ანაერობული ან მიკროაეროფილური, მჟავატოლერანტული მიკროორგანიზმები, რომელთაც ნახშირწყლების ფერმენტაციის შედეგად რძემჟავის წარმოქმნის უნარი შესწევთ.

რძემჟავა ბაქტერიები რძემჟავას წარმოქმნის შედეგად იწვევენ რძის შემჟავებას, რაც გავლენას ახდენს წარმოების პროცესზე და, საბოლოოდ, მის შემადგენლობაზე და ხარისხზე [3].

რძემჟავა ბაქტერიების ჯგუფის მაღალი ჰეტეროგენურობის გამო მათი კლასიფიკაცია დღემდე ინტენსიური შესწავლის ობიექტს წარმოადგენს. უკანასკნელი მონაცემების მიხედვით ამ ჯგუფში გაერთიანებულია 10 გვარი: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Carnobacterium*, *Aerococcus*. ათივე გვარი ბერგის სისტემატიკის სახელმძღვანელოს თანახმად ბაქტერიების II კატეგორიას ანუ უჯრედული კედლის მქონე გრამ-დადებით ეუბაქტერიებს მიეკუთვნება [4].

ექსპერიმენტული ნაწილი. ჩვენ მიერ ჩატარებულ ცდებში შევეცადეთ გამოგვეყენებინა ადგილობრივი ნედლეული. აქედან გამომდინარე, საწყის ეტაპზე შევისწავლეთ რძე, რომელსაც სასურსათო პროდუქტებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს და გააჩნია მაღალი კვებითი და ბიოლოგიური ფასეულობები. შესაბამისად მასში შემავალი ინგრედიენტების გამოყენება ფერმენტირებულ რძის პროდუქტებში

უზრუნველყოფს მისი მნიშვნელოვანი კომპონენტების შენარჩუნებას და ხდის მათ ხელმისაწვდომს მთელი წლის განმავლობაში.

ცხრილი 1. რძის ქიმიური შედგენილობა %-ობით

ცხოველი	ცხიმი	კაზეინი	ლაქტოზა	ალბუმინი	ნაცარი	წყალი
ძროხა	3,75	3,0	4,75	0,4	0,75	87,3
თხა	6,0	3,3	4,6	0,7	0,84	84,5
კამეჩი	6,0	3,8	4,5	0,7	0,75	85

ტექნოლოგიური პროცესის დასრულების შემდეგ დასამუშავებელი რძის ხარისხი იცვლება, მასში მიმდინარე მთელი რიგი პროცესების შედეგად და ხდება საწყისი ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება.

ნორმალიზაციის შემდეგ მივიღეთ რძე 2,8% ცხიმის შემცველობით, რომელსაც ჰომოგენიზაცია გაუკეთდა 50 °C-ზე, ცხიმის მთლიან მასაში თანაბრად განაწილებისთვის, ხოლო მიკროფლორის მოსპობის მიზნით ჩაუტარდა პასტერიზება 75 – 76 °C ტემპერატურაზე, 20 – 25 წამის განმავლობაში.

პასტერიზაციის დამთავრების შემდეგ 35 0მ ტემპერატურამდე გაციებულ რძეში შევიტანეთ თერმოფილური კულტურა და დავაყოვნეთ 12 საათის განმავლობაში შესაძლებლად.

ცხრილი 2. ექსპერიმენტისთვის გამოყენებული რძის ქიმიური შედგენილობა

ცხიმი	2,8 %
ცილა	3,0 %
სიმკვრივე	1,030 კგ/მ ³
PH	6,70
T ⁰	17,5 ⁰
მშრალი ნარჩენი	11,43 %

ექსპერიმენტისთვის ხაჭოს მომზადება მოხდა ტრადიციული მეთოდით, რომლისთვისაც გამოვიყენეთ წინასწარ შერჩეული თერმოფილური კულტურა და დამუშავებული ნედლეული.

ფერმენტაციის პროცესში მუდმივად კონტროლდებოდა pH-ის და ტიტრული მჟავიანობის კონტროლი. მიღებული მზა ნარევის ხარშვა და მარცვლის გამოშრობა დაიწყო მას შემდეგ, რაც მასში ჟავიანობამ მიაღწია 10⁸ ტერნერს, ხოლო pH-5,0-ს.

ბაქტერიოლოგიური კვლევისთვის შერჩეული ნიმუშები მოვათავსეთ მაცივარში და ვინახავდით 4 °C ტემპერატურაზე 30 დღის განმავლობაში.

მეთოდიკის განსაზღვრული პირობების შესაბამისად ჩავატარეთ მიკრობიოლოგიური კვლევა დამზადებიდან მე-10, მე-20 და 30-ე დღეს.

მზა ნაწარმში რძემჟავა ბაქტერიების საერთო რაოდენობის განსაზღვრას ვადგენდით ზედაპირზე ჩათესვის მეთოდის გამოყენებით [5,6].

შედგები. რძემჟავა ბაქტერიებით ფერმენტაცია, რომლის გამოყენებაც ხდებოდა დამბალხაჭოს მომზადებისას არის ყველაზე უფრო ეფექტური მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავაუმჯობესოთ საბოლოო პროდუქტის ტექსტურა, არომატი და გემური თვისებები. სწორედ რძემჟავა ბაქტერიების (LAB) ფიზიოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ტრადიციული სტარტერული კულტურა თანამედროვე ტექნოლოგიის განვითარებისათვის.

მე-3 ცხრილში მოცემულია დამბალხაჭოს წარმოებისთვის მნიშვნელოვანი ბაქტერიული გვარების შესწავლილი ფიზიოლოგიური მახასიათებლები. მხოლოდ 4 გვარი მონაწილეობს დამბალხაჭოს ფერმენტაციის პროცესში: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*.

ცხრილი 3. რძეშაგა ბაქტერიების ფიზიოლოგიური მახასიათებლები

მახასიათებლები	<i>Lactobacillus</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Streptococcus</i>
ზრდა 10 °C	+/-	-	-	+/-
ზრდა 45 °C	+/-	+	+	+/-
ზრდა 6,5% NaCl	+/-	+	-	-
ზრდა 18% NaCl	-	+	-	+/-
ზრდა pH 4,4	+/-	-	-	+/-
ზრდა pH 9,6	-	+	+/-	+/-
რძეშაგას სახ.	D, L, DL	L	L	L

ზემოთ ჩამოთვლილი რძეშაგა ბაქტერიები აღმოჩენილია პროდუქტის მომწოდებლის ეტაპზე, რომელიც ხელს უწყობს გემოს და არომატის ჩამოყალიბებას, რაც გამოწვეულია რძეშაგა ბაქტერიების მიერ წარმოქმნილი მრავალი ფერმენტის მოქმედებით.

ცილის მომწოდების პერიოდი იყოფა კაზეინის დაშლით პეპტიდებამდე და ამინომჟავებამდე. რომელსაც ადგილი აქვს მომწოდების დროს და რძეშაგის ბაქტერიები მასში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ. კაზეინის ჰიდროლიზის საწყის ნაბიჯს ასრულებს ფერმენტი ქიმოზინი და პროთეინაზები სტარტერული რძეშაგის ბაქტერიებიდან, სტარტერული ობიდან და სხვა მიკროორგანიზმებიდან. ტრადიციული რძის პროდუქტებიდან გამოყოფილი ეს ბაქტერიები დიდ ყურადღება იპყრობენ, როგორც პოტენციური კონსერვანტები მათი ანტაგონისტური აქტივობის გამო მრავალი პათოგენის მიმართ, რომლებიც იწვევენ საკვები პროდუქტების გაფუჭებას [7,8].

ჩატარებული სამუშაოს შედეგად ჩანს, რომ ბაქტერიული დედოს შეტანამ დადებითი გავლენა მოახდინა როგორც პროდუქტის მიკრობიოლოგიურ უსაფრთხოებაზე, ასევე, ორგანოლექტიკურ მახასიათებლებზე. აღმოჩენილი რძეშაგა ბაქტერიების გამოყენება ხელს შეუწყობს სტანდარტული გემოსა და არომატის შენარჩუნებას და დამბალხაჭოს წარმოების განვითარებას ქვეყანაში.

ლიტერატურა

1. Ray Bibek. 1996. Fundamental food microbiology. CRC Press LLC. 516 pp.
2. Stiles M.E. 1996. Biopreservation by lactic acid bacteria. Antonie van Leeuwenhoek 70: 331-345 pp.
3. ГОСТ 3627-81. Молоко и молочные продукты. Методы определения хлористого натрия
4. Adams R. M., Moss M.O. Food Microbiology. Third Edition, UK: The Royal Society of Chemistry., 2008, 478p.
5. Harley J. P. Ed. P.Reidy. Laboratory Exercises in Microbiology. 6th ed., The McGraw Hill Higher Education., 2005, 449 pp
6. Ronald M. Atlas. Handbook of microbiological media, Fourth Edition. Washington, D.C.: CRC Press Taylor & Francis Group., 2010, 2043 p.
7. Jamuna M., Jeevaratnam K. Isolation and partial characterization of bacteriocins from *Pediococcus* species. Applied Microbiology and Biotechnology., 2004, 65, 4, 433-439pp.
8. Хамагаева И.С., Бояринева И.В., Потапчук Н.Ю. Исследование пробиотических свойств комбинированной закваски. /Техника и технология пищевых производств., 2013, 11, 1-5

SUMMARY**THE ROLE OF LACTIC ACID BACTERIA IN MATURATION OF DAMBALKHACHO**

Dzirkvelishvili N.D.

Georgian Technical University

Based on the principles of market economy, great importance is granted to the production of high quality dairy products and to increase its assortment. Dambalkhatcho, which is very popular due to its originality is still not represented in the assortment of Georgian dairy products till today. The product has been indigenously produced in the mountainous zone of Georgia. Consequently it's an enzymatic unique microflora and manufacturing technology are maintained only in existing regions and family farms. Biochemical and microbiological study of this product will allow to preserve the specific microorganisms of this unique product and at the same time offer to the entrepreneurs Dambalkhatcho's production technology and standard product. Dambalkhatcho which is produced in mountainous regions does not meet the standards but its taste properties arouses great interest in the customers.

Keywords: Dairy products, Lactic acid bacteria, Promotion of local production.

ქართული მუხის (*Q.iberica Stev*) ნაყოფმსხმოიარობა პანკისის ხეობაში

გაგოშიძე გ.ა., სამადაშვილი მ.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ახმეტის მუნიციპალიტეტის პანკისის ხეობაში, მუხის ნაყოფმსხმოიარობა შევისწავლეთ ბაბანეურის, ბირკიანის, დუისის და ძიბახევის ტერიტორიაზე, ზღვის დონიდან 700 მ-ის სიმაღლეზე, სამხრეთი ექსპოზიციის, 12⁰-დე დაქანების ფერდობზე წარმოდგენილ კორომში მუხის გაბატონებით, რომლის შემადგენლობაა 7 მხ.2რც.1იფ.+კრპ.თლ+ბლმწ., კორომის საშუალო ხნოვანებაა 180 წ. საშუალო სიმაღლე 17 მ, საშუალო დიამეტრი – 80 სმ, ნიადაგები – ტყის ყავისფერია, კარბონატული, ბუნებრივი თესლითი განახლება – არადაამაკმაყოფილებელი, ტყის ტიპი – მუხნარი ისლის საფარით.

სანიმუშო ფართობის პარამეტრები, სადაც კვლევა ჩატარდა გაანგარიშებული იქნა დღეისათვის მიღებული მეთოდის შესაბამისად [1], რა დროსაც განხორციელდა 10 სმ და მეტი დიამეტრის ხეების სატაქსაციო აღწერა და დაფიქსირებული იქნა შესაბამისი ხარისხის (მცირე, საშუალო და კარგი) ნაყოფმსხმოიარე ხეების რაოდენობა. მათგან სამოდელირდ შერჩეული იქნა ეგზემპლარები თესლმსხმოიარობის საშუალო ხარისხით, რომლებზეც ვაწარმოეთ ნაყოფების მოსავლიანობის აღრიცხვა ე.წ. სანიმუშო ტოტების მეთოდით – კერძოდ, თესლის მომწიფებად, კორომში წარმოდგენილ ორ-სამ ძირამდე ხეებზე მოვჭერთ 1 მ სიგრძის რამდენიმე ტოტი, მათზე დავითვალეთ თესლების რაოდენობა, მიღებული ჯამი გავყავით მოჭრილი ტოტების სიგრძეთა ჯამზე და მივიღეთ საშუალო მოსავლის მაჩვენებელი ერთი გრძივი მ ზომის ტოტზე. სანიმუშო ტოტების მაჩვენებლით განვსაზღვრეთ მოსავლიანობის ხარისხი ერთ ხეზე, ორ ან სამივე ძირზე და სანიმუშო ფართობზე, რის შემდეგაც დავადგინეთ მოსავლიანობის მაჩვენებელი 1 ჰა-ზე [2].

გარდა აღნიშნულისა, სანიმუშო ფართობებზე გამოყოფილი სამოდელირდ ხეების ვარჯი დავყავით ორ ნაწილად, კერძოდ – ჩრდილოეთი და სამხრეთი ექსპოზიციებისკენ მიმართულ ნაწილებად და ხის საბურველის რამდენიმე – ქვედა, შუა და ზედა სექციებად. მათში ცალ-ცალკე შევისწავლეთ თესლმსხმოიარობა და განსხვავება აღნიშნულ მაჩვენებლებს შორის როგორც ექსპოზიციების, ისე ვარჯის ვერტიკალური ნაწილების მიხედვით – როგორც რაოდენობრივად, ისე წონით.

აღნიშნულ ტერიტორიაზე გამოყოფილი სამი სამოდელირდ ხიდან მოპოვებული მასალა წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში.

როგორც წარმოდგენილი ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ხის ვარჯის როგორც ჩრდილოეთ, ისე სამხრეთ ნაწილში თესლმსხმოიარობის მახასიათებელი უფრო მაღალია ზედა ნაწილში, ვიდრე შუა და ქვედა ნაწილებში, ხოლო ამ ორი უკანასკნელიდან უპირატესობა შუა ნაწილში უფრო შეინიშნება ვიდრე ქვედაში. რაც შეეხება მოსავლიანობას ვარჯის სამხრეთ და ჩრდილოეთ ნაწილში, უკეთესი მაჩვენებლით ვარჯის სამხრეთ ექსპოზიციისაკენ მიმართული ნაწილი ხასიათდება, რაც პროცენტულად 63%-ს შეადგენს 37%-ზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გარდა თესლმსხმოიარობის რაოდენობრივი მაჩვენებლებისა, შევისწავლეთ მუხის ნაყოფის წონითი მაჩვენებლებიც ასევე ექსპოზიციების მიხედვით, რისთვისაც თითოეული სამოდელირდ ხიდან ვიღებდით რკოს ნიმუშებს წონის დასადგენად. ნაყოფის საშუალო წონას ვსაზღვრავდით როგორც 1 ნაყოფის მიხედვით, ისე მათი მთელი რაოდენობისას.

მუხის ნაყოფების წონის მახასიათებლები მათი რაოდენობისა და ექსპოზიციების მიხედვით (ცხრ. 2).

ცხრილი 1. ქართული მუხის (*Q. iberica Stev.*) თესლმსმომიარობის მახასიათებლები – სამოდელო ხეების, ექსპოზიციებისა და ვარჯის ვერტიკალური ნაწილების მიხედვით

ვარჯის მიმართულება და ნაწილები	სამხრეთი	ზედა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე (1მ-ც).	19	20	21	13	18
			რკოს რაოდენობა (ც.)	18	1500	1680	585	1255
ტოტების სიგრძე (მ)	17	75	80	45	66,7			
შუა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე	16	14	15	12	14		
	რკოს რაოდენობა (ც.)	15	756	1005	480	747		
ტოტების სიგრძე (მ)	14	54	67	40	53,7			
ქვედა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე (1მ-ც).	13	12	14	11	12		
	რკოს რაოდენობა (ც.)	12	612	882	429	641		
	ტოტების სიგრძე (მ)	11	51	63	39	51		
ზედა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე (1მ-ც).	10	12	14	11	12		
	რკოს რაოდენობა (ც.)	9	900	1076	473	816		
ტოტების სიგრძე (მ)	8	75	77	43	65			
შუა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე (1მ-ც)	7	9	11	10	10		
	რკოს რაოდენობა (ც.)	6	567	682	410	553		
	ტოტების სიგრძე (მ)	5	63	62	41	55,3		
ქვედა	რკოს საშ. რაოდ. ტ-ზე (1მ-ც).	4	7	9	8	8		
	რკოს რაოდენობა (ც.)	3	294	459	320	358		
	ტოტების სიგრძე (მ)	2	42	51	40	44,3		
სამოდელო ხის №				1	1	2	3	საშ. ხეზე

ცხრილი №2. მუხის ნაყოფების წონის მახასიათებლები მათი რაოდენობისა და ექსპოზიციების მიხედვით

რელიეფი	საბურველის შეკრულობა	მსხმოიარე ხეების რაოდენობა 1ჰა-ზე	სამოდელო ხის №	მსხმოიარე სამოდელო ხე				1 ჰა-ზე	
				სამხრეთი ექსპოზიცია		ჩრდილოეთი ექსპოზიცია		ნაყოფის	
				ნაყოფის		ნაყოფის		ნაყოფის	
				რაოდ (ც.)	წონა (კგ.)	რაოდ (ც.)	წონა (კგ.)	რაოდ (ც.)	წონა (კგ.)
ექსპ.ს., 12 ⁰ -დე	0,6	105	1	2868	11,18	1761	6,72	-	-
			2	3567	15,82	2219	9,33	-	-
			3	1494	6,32	1203	4,95	-	-
საშუალოდ				2643	11,1	1728	7,0	458955	1901

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, 1-ჰაზე მსხმოიარე ხეების რაოდენობა შეადგენს 105 ძირს. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ საშუალოდ სამოდელო ხეზე 4371ც. ნაყოფია აღრიცხული, მაშინ მათი რაოდენობა 1 ჰა-ზე - 458955 ც-ს შეადგენს, რომელთა საერთო წონა 1901 კგ-ია. ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემებიდან კიდევ ერთხელ ირკვევა, რომ ზოგადად თესლმსხმოიარობა მეტია ვარჯის სამხრეთი ექსპოზიციის ნაწილში, ვიდრე ჩრდილოეთისაზე, როგორც რაოდენობრივად, ისე წონით, რაც ინსოლაციის უკეთესი პირობებით აიხსნება.

სანიმუშო ფართობზე ჩვენს მიერ დაფიქსირებული იქნა მუხის ნაყოფების ფორმა, ზომა და სხვა მახასიათებლებიც, რომელთა მიხედვით, რკოს ფორმა

ოვალურია, ოდნავ წაგრძელებული, საშუალო ზომით 2,8 სმ. სიგრძის და 1,1 სმ. სიგანის. 1000 ცალ რკოში საშუალოდ 650 ცალი (65%) ნაყოფი აღმოჩნდა ვარგისი – საღი, ხოლო დანარჩენი (35%) კი - განუვითარებელი, დაზიანებული და აღმოცენების უუნარო.

როგორც ჩვენ მიერ მოპოვებული მასალების ანალიზის საფუძველზე ირკვევა, ისლისაფარიან მუხნარებში, მუხის თესლების საშუალო რაოდენობა 1 ჰა-ზე – 458955 ც-ს შეადგენს, წონით – 1901 კგ. რკოს ფორმა ოვალურია, ოდნავ წაგრძელებული, საშუალოდ სიგრძით – 2,8 სმ-დე და სიგანით – 1,1 სმ-დე, 1000 ც. ნაყოფში საღი და აღმოცენების უნარიანი აღმოჩნდა 650 ეგზემპლარი ანუ 65%, ხოლო აღმოცენების უუნარო – 350 ცალი ანუ 35%.

სანიმუშო ფართობზე, ინსოლაციის უკეთესი ხარისხის გამო მუხის ნაყოფ-მსხმოიარობის ხარისხი უკეთესია ვარჯის სამხრეთ ნაწილში, ვიდრე ჩრდილოეთით და განსხვავება მათ შორის მერყეობს ნაყოფების საერთო საშუალო რაოდენობის – 53–63%-დან 47–37%-მდე.

მუხის რკოს მოსავლიანობის საშუალო მაჩვენებელი ასევე განსხვავდება ერთმანეთისაგან მცენარის ვარჯის სხვადასხვა ნაწილების მიხედვით, უკეთესი მახასიათებელი ყველა სანიმუშო ფართობის სამოდულო ხეებზე, ვარჯის ზედა ნაწილში გამოვლინდა, შემდეგ – შუა ნაწილში, ხოლო შედარებით მცირედ ქვედა ნაწილში, რაც ასევე განათების უკეთესი ხარისხით აიხსნება პირველ ორ შემთხვევაში, ხოლო შედარებით უარესით – ვარჯის ქვედა ნაწილში.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნათლად ჩანს, რომ კახეთის ქართული მუხის კორომებში მათი სწორი დაცვისა და მოვლის პირობებში, 1 ჰა-ზე საშუალოდ 1 ტონაზე მეტი ნაყოფის მიღებაა შესაძლებელი, რაც სავსებით საკმარისია მისი ბუნებრივი განახლების საუკეთესო მაჩვენებლების მისაღწევად არამხოლოდ ჩვენ მიერ შესწავლილ კორომებში, არამედ კახეთის დეგრადირებულ ტყის ეკოსისტემებში – მათი აღდგენა – განახლების სამუშაოების წარმატებით განხორციელებისათვის.

როგორც ჩვენს მიერ შესწავლილი მუხის ნაყოფსმხომიარობიდან ჩანს, ახმეტის მიდამოებში შესაძლებელია ნახევარი ტონიდან ერთ ტონამდე სათესლე მასალის მიღება, რაც მუხნარების დაცვისა და ბუნებრივი განახლების ხელშეწყობის პირობებში სრულიად საკმარისია საიმედო მოზარდის საკმარისი რაოდენობის მისაღებად.

ლიტერატურა

1. გ. გაგოშიძე. ბუნებრივი თესლითი განახლების თავისებურებები საქართველოს იელის ქვეტყიან წაბლნარებში „აგრარული მეცნიერების პრობლემები“, შრომათა კრებული ტ.30-ე თბილისი, 2005 წელი, გვ. 121-125
2. თ. ჯაფარიძე, რ. ჩაგელიშვილი, რ. რუხაძე. ტყის კულტურები - თბილისი 2008, გვ. 3–295

SUMMARY

GEORGIAN OAK FRUITFULNESS IN AKHMETA DISTRICT

Gagoshidze G.A. and Samadashvili M.E.

Georgian Technical University

Iakob Gogebashvili Telavi State University

In Akhmeta municipality, we studied the fruitfulness of Georgian Oak (*Q. iberica* Stev.) in the territory of Babaneuri, Birkiani, Duisi and Dzibakhevi. In addition, we have already studied the weight parameters of oak fruits according to their number and exposures. In conclusion, it should be mentioned that the total number of Oak fruits is 458955 pieces per hectare (1901 kilograms in total weight). 650 pieces (65%) of Oak fruits were good quality from 1000 pieces and 350 pieces (35%) were damaged.

Keywords: oak, fruitfulness.

ქართული მუხის ნაყოფმსხმოიარობა ძვემო ქართლის რეგიონში

გაგოშიძე გ.ა. კაპანაძე ი.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სსიპ ეროვნული სატყეო სააგენტო

საქართველოს ტყეებში მუხნარებს ერთ-ერთი გამორჩეული ადგილი უკავიათ. ჩვენში გავრცელებული 7 სახეობიდან 5 ენდემია და მათ დღეს 291 ათასი ჰექტარი ფართობი უჭირავს. ძველად ქვეყანაში მუხნარებს უფრო მეტი ფართობი ეკავა, მაგრამ მის მერქანზე გაზრდილი მოთხოვნილებების გამო მუხნარის ფართობები მცირდება და ხარისხს კარგავს. ქართული მუხა (*Quercus eberica*) ქვემო ქართლში საკმაოდ დიდ ფართობზეა გავრცელებული, თუმცა ამჟამად მუხის ბუნებრივი განახლების მდგომარეობა არადაამაკმაყოფილებელია და მუხნარების უმეტესი ნაწილი წარმოდგენილია დეგრადირებული კორომების სახით. ამ ხრივ საინტერესოა მუხის ნაყოფმსხმოიარობის შესწავლა რკოს რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მანუენებლის დადგენის მიზნით.

მრავალი დაკვირვებით დამტკიცებულია, რომ სხვადასხვა რაიონში შეგროვებული თესლის წონა სხვადასხვანაირია. პროფ. ვ. ოგივესკის მონაცემებით, ფიჭვის თესლის წონა ვაკე პირობებში მატულობს ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, არაერთგვაროვანია ასევე ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე თესლის წონა. საქართველოს პირობებში ეს საკითხი შესწავლილი იყო წიფლნარებში და ფიჭვნარებში. მუხნარებში კი აღნიშნული კვლევა ბოლო ათწლეულების მანძილზე არ ჩატარებულა.

სანიმუშო ფართობზე სატაქსაციო აღწერას ვატარებდით 10 სმ და მეტი დიამეტრის მქონე ხეებზე და ვიგებდით კარგი, საშუალო და მცირე მსხმოიარობის ხეთა რიცხვს, აქედან მოდელად ვიღებდით საშუალო მსხმოიარობის ხეს, რის მიხედვითაც ვსაზღვრავდით სამოდელო ხის თესლმსხმოიარობას ვ. ნესტეროვის მეთოდით, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: – თესლის მომწიფებად 15-20 საშუალოდ განვითარებულ ხეზე, ვიღებდით 1 მ-ის სიგრძის რამდენიმე ტოტს და ვითვლიდი ყველა თესლს, რის გადაანგარიშებაც ხდებოდა 1 ჰა-ზე და შემდეგ ცხრილის მეშვეობით ვგებულობდით კორომის თესლმსხმოიარობის ხარისხს. აღებულ სამოდელო ხის ვარჯს ვყოფდით ორ ნაწილად: ჩრდილოეთის და სამხრეთის ნაწილებად, შემდეგ მათ ვყოფდით სექციებად: ძირითად, შუა და ზედა სექციებად და მათში ცალ-ცალკე ვსაზღვრავდით თესლმსხმოიარობას. თითოეული სამოდელო ხიდან აღებულ რკოს ვწონდით, ჯერ ერთი რკოს საშუალო წონას ვიგებდით, შემდეგ კი მთლიანი სამოდელო ხის რკოს წონას. ასევე, სანიმუშო ფართობებზე ვითვლიდით 1000 რკოდან დაზიანებულების რაოდენობას, რაც თესლის ხარისხის განსაზღვრის საშუალებას გვაძლევდა. ყველა შემთხვევაში მუხნარ კორომებში ხეების როგორც სამხრეთ, ისე ჩრდილოეთ ტოტების ზედა სექციაში ვითარდება ნაყოფების მეტი რაოდენობა, ვიდრე შუა და მითუმეტეს ქვედა სექციაში, რაც უნდა აიხსნას ხის ვარჯის ზედა ნაწილების მეტი განათებით, ასევე ხეების ვარჯის სამხრეთ ექსპოზიციაზე მეტი მსხმოიარობაა, ვიდრე ჩრდილოეთ ექსპოზიციაზე. როგორც კვლევებით ირკვევა, მუხნარ კორომებში ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე თესლმსხმოიარობა ერთნაირი არ არის. ამასთანავე მუხის რკოს რაოდენობა და წონა იცვლება კორომების სიხშირესთან ერთად. როგორც ზედა, ისე ქვედა სარტყელში. ზღვის დონიდან 830 მეტრ სიმაღლეზე აღებულ სანიმუშო ფართობის ერთ მოდეულზე საშუალოდ ასხია 4,691 ცალი რკო (წონით 18 კგ). ხოლო ამავე სიხშირის კორომში, რომელიც აღებულია ზღვის დონიდან 1200 მ სიმაღლეზე, საშუალოდ ასხია 2,386 ცალი რკო (წონით 7.4 კგ) ერთ სამოდელო ხეზე. ასეთივე მდგომარეობაა სხვა დანარჩენ სანიმუშო ფართობებზე. რაც უფრო ნაკლებია სიხშირე, მით მეტია მსხმოიარობა. ვაკე ადგილზე გავრცელებული მუხის კორომები უფრო კარგი მსხმოიარობით ხასიათდებიან - ვიდრე ფერდობზე. მსხმოიარობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგები. დაბალი სიხშირის დროს 1000 ცალ რკოში უფრო მეტი

სალი რკოა, ვიდრე მაღალი სისხირის კორომებში. მუხის რკოს წონის ირგვლივ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ სხვადასხვა წონით ხასიათდება მუხის თესლიც სხვადასხვა პირობებში.

ქვემო ქართლის რეგიონში, მუხნარ კორომებში განხორციელებული კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით გამოვლინდა, რომ ყველა შემხვევში, 1 ჰა-ზე მიღებული მუხის რკოს წონითი მაჩვენებელი მეტია 1000 კგ-ზე და მათგან უმეტესი ნაწილი ვარგისია აღმოსაცენებლად, რის საფუძველზეც შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ბუნებრივი თუ ხელოვნური ხელისშემშლელი გარემოებების გარეშე უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს მუხის ბუნებრივი განახლების ნორმალური მაჩვენებელი.

ლიტერატურა

1. გაგოშიძე გ. წაბლის მოსავლიანობის კვლევის შედეგები კახეთის რეგიონში. „მეხილ. და მებოსტნ. ინტ. განვით. პერსპექტ. საქართველოში“. საქ. აგრარ. უნივ-ის სამეცნ. შრ., საქ. აგრარ. უნივ. გამომც. თბილისი, 1993, გვ. 73-80.
2. ჯაფარიძე თ., ჩაგელიშვილი რ. რუხაძე რ. ტყის კულტურები. -თბილისი, 2008 წ. გვ. 5-25.
3. ჩერქეზიშვილი ტ., მუხა ძლიერების სიმბოლოა. -თბილისი, 2013 წ. <https://agronews.ge/mukha/>

SUMMARY

STUDY THE FRUITING OF GEORGIAN OAK TREE IN KVEMO KARTLI REGION

Gagoshidze G.A. and Kapanadze I.G.

Georgian Technical University

LELP National Forestry Agency

The data about the Georgia oak tree fruiting is analyzed on the territory of Kvemo Kartli region, where the sample plots with the size of 0.25 ha was taken with high, medium and low density. In all cases, in oak tree stands on the south and north sides, trees produce more fruits <https://agronews.ge/mukha/>, south sides of the tree crowns is more fruits produced then in north – which can be explained by more sunlight on the upper parts of the crown. The oak fruiting, with the changing the height from the sea level fluctuates and decreases from low to high. The fruiting is higher when the density is lower and vice versa. In all cases, the weight of the oak tree fruits obtained per 1 ha is more than 1000 kg and most of them are suitable for sprouting.

Keywords: copse, model area, exposition, section, crown, frequency, endemic.

პათოგენისა და მცენარის სპეციფიკური ურთიერთქმედებისას
ხემგრძნობიარობის რეაქციის დინამიკა

ყანჩაველი შ.ს.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი

პათოგენების უმეტესობის უვნარობა, რომ დაავადოს მცენარე მოწმობს მასზე, რომ მცენარეს შეუძლია დაიცვას თავი ინფექციის პოტენციური გამომწვევისაგან. მცენარეები ასეთი პათოგენებისაგან იცავენ თავს ან არსებული ბარიერებით, ან პათოგენის შეჭრის საპასუხოდ დინამიურად წარმოქმნილი ანტიბიოტიკური ნივთიერებებით. ზოგიერთი პათოგენები კი წინააღმდეგობის გარეშე აავადებენ მოცემულ მცენარეს. ასეთმა პათოგენებმა შეიძინეს უნარი, რომ შეიჭრან თავის პატრონ მცენარეში ისე, რომ არ მოახდინონ რეაქციების ან დაცვითი საშუალებების ინდუცირება, რომლებიც ეფექტურია სხვა პათოგენების მიმართ. პათოგენის შეჭრის საპასუხოდ მცენარეთა ქსოვილების ზემგრძნობიარობის რეაქცია იწვევს უჯრედების სწრაფ კვლომას, ქსოვილების გამუქებას და ანტიმიკრობული ნივთიერებების დაგროვებას, რომლებიც უფრო სწრაფად ხდება გამძლე მცენარეებში, მიმდებიანთან შედარებით. უმეტეს შემთხვევაში კი მცენარის გამძლეობა დამოკიდებულია მისი ზემგრძნობიარობის რეაქციაზე [1-4].

სტატიაში აღწერილია ზემგრძნობიარობის ინდუქციისა და სუპრესიის ახალი ასპექტები სისტემაში: კარტოფილი – *Phytophthora infestans* და განსაზღვრულია ზემგრძნობიარობის რეაქციის დინამიკის როლი სოკოს რასათა ხარისხობრივი სპეციფიურობისათვის.

ცდები ჩატარდა სხვადასხვა გამძლეობის მქონე (10-ჯიში) კარტოფილის ტუბერებიდან ახლად აღებულ და ძველ (დასენიანებადღე, რამდენიმე საათით ადრე აღებულ) ფირფიტებზე.

დადგინდა, რომ კარტოფილისადმი სოკოს – *P. infestans*-ის შეუთავსებადი რასები იწვევენ მისი ქსოვილების უჯრედების სწრაფ კვლომას და დაავადებული უჯრედების ეს ნაადრევი რეაქცია დაკავშირებულია პატრონ-მცენარის გამძლეობასთან. კარტოფილის ახალი ფირფიტების ქსოვილების ზედაპირულ უჯრედებს არ ააქვთ სწრაფად კვლომის უნარი შეუთავსებადი რასით დაავადებისას და ამ უნარს ისინი იძენენ ოპტიმალურ ტემპერატურაზე რამდენიმე ხანს მათი მოთავსების შემდეგ, მაგრამ ასეთ მდგომარეობას უჯრედებმა შეიძლება მიადწიონ ისეთ პირობებში, რომლის დროსაც ხდება ცილების სინთეზის ინჰიბირება. გაირკვა, რომ შეჭრილ შეუთავსებად პათოგენზე ზემგრძნობიარედ მოქმედების უნარი შეიძლება განპირობებული იყოს რაღაც სტიმულით (ზემგრძნობიარობის გამააქტივირებელი ფაქტორით), რომელიც დაკავშირებულია ინფექციასთან ან რაიმე მექანიკურ ჭრილობასთან. ამავე დროს უჯრედის კვლომის პროცესი, რომელიც ავითარებს აღნიშნულ უნარს არა დამოკიდებული ცილის სინთეზზე.

ამრიგად, შეუთავსებადი პათოგენებით გამოწვეული პატრონ-მცენარის უჯრედების ზემგრძნობიარე კვლომა ითვლება არსებით პროცესად მისი გამძლეობისათვის, მაგრამ არ თამაშობს პირდაპირ როლს პათოგენების ზრდის დახშობაში.

კარტოფილის ტუბერების, როგორც ახალი ისე ძველი ფირფიტების დასენიანების შემთხვევაში, სხვადასხვა ჯიშებში განსხვავებულია უჯრედების კვლომის სიჩქარე. ამავე დროს დაავადებული და ნეკროზირებული უჯრედების რიცხვი ინფექციის გვიან სტადიაზე ყველა ჯიშისთვის იყო მაღალი, მაგრამ ის განსაკუთრებით მაღალი იყო ახალ ფირფიტებში, ძველთან შედარებით, ეს რიცხვი ასევე ვარირებდა ჯიშების მიხედვით. ყველა ჯიშში, როგორც ახალ ასე ძველ ფირფიტებში დასენიანებიდან 6-სთ-ის შემდეგ მკვდარი უჯრედების პროცენტსა და დასენიანებიდან 2-დღის შემდეგ გაუქმებულ უჯრედების რიცხვს შორის აღინიშნებოდა უარყოფითი კორელაცია. ეს კი ნიშნავს, რომ ჯიშებში, რომელთათვისაც დამახასიათებელია მაღალი სიჩქარით უჯრედების ზემგრძნობიარე კვლომა, პათოგენს შეუძლია დამკვიდრდეს მცირე რაოდენობის უჯრედებში.

განსხვავება გამძლეობაში ჯიშებს შორის და ასევე ახალ და ძველ ფირფიტებს შორის მნიშვნელოვან წილად განისაზღვრება უჯრედების ზემოქმედობიარე კვდომის სიჩქარით. თვითეული ჯიშის ქსოვილებში, როგორც ჩანს არის უჯრედები, რომლებიც რეაგირებენ, ან არ რეაგირებენ შეუთავსებადი პათოგენების შეჭრაზე.

თვითეული ჯიშის ფოთლებში, სადაც განისაზღვრა გამძლეობის ინტენსივობა დაავადებიდან სამი დღის შემდეგ, ლაქაში გამუქებული ეპიდემიის უჯრედების რიცხვით, ასევე ის ვარირებდა ჯიშების მიხედვით და დადებით კორელაციას ჰქონდა ადგილი ძველ ფირფიტებში. გამძლეობის რეაქცია ფოთლებში მსგავსი იყო ძველი ფირფიტების გამძლეობის რეაქციის, რაც ასევე გვიჩვენებს გამძლეობის ინტენსივობის დამოკიდებულებას უჯრედების კვდომის სისწრაფეზე.

ცნობილია, რომ ფიტოალექსინები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ინფექციურ დაავადებათა მიმართ მცენარეთა გამძლეობაში [5,6]. სისტემაში კარტოფილი – *P. infestans* ფიტოალექსინების როლზე გამძლეობაში მიუთითებს ის ფაქტი, რომ სოკოს ინფექციური ჰიფის ზრდის შეზღუდვა ვლინდება იმ პერიოდში, როდესაც ფიტოალექსინების დონე ქსოვილებში მიაღწევს პათოგენის მაინჰიბირებელ დონეს.

მცენარეში შეჭრილი პათოგენის შეზღუდვაში ზემოქმედობიარობის როლის შესწავლისათვის გამოკვლეულ იქნა კავშირი უჯრედების ზემოქმედობიარულ კვდომასა, გამძლეობის ინტენსიობასა, ფიტოალექსინების დაგროვების დროსა და რაოდენობას შორის. ამ მიზნისათვის ვისარგებლეთ ზემოთ აღნიშნული კარტოფილის ტუბერებიდან მომზადებული ფირფიტებით.

დადგინდა რომ, გამძლე ჯიშებისათვის დამახასიათებელია უჯრედების ზემოქმედობიარული კვდომის მაღალი სიჩქარე. *P. infestans*-ის შეუთავსებელი რასა იჭრება ზედაპირულ უჯრედებში, აპრესორიუმების განვითარების შემდეგ, ისევე როგორც შეთავსებადი რასა. შეჭრილი პათოგენის დამკვიდრება კარტოფილის ფირფიტებში ხდება დასენიანებიდან 3 სთ-ს შემდეგ. მიკროსკოპული დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ სოკოს ინფექციური ჰიფები მიიმართებიან პირველად დაავადებული უჯრედებიდან მეზობლად მდებარე უჯრედებში ან უჯრედშორისებში დასენიანებიდან დაახლოებით 12 სთ-ს განმავლობაში. სოკოს შეუთავსებელი რასის შემთხვევაში ინფექციური ჰიფები არ იჭრებიან მეზობლად მდებარე უჯრედებში. კარტოფილის მაღალგამძლე ჯიშში (მესხური წითელი) დაავადებული უჯრედების დაახლოებით 80% დაიღუპა, დასენიანებიდან 6 სთ-ს შემდეგ და ფირფიტებში დამკვიდრებული ჰიფების 80% ლოკალიზებულია პირველად დაავადებულ უჯრედებში. ანალოგიურად პირველად დაავადებული უჯრედები დაიღუპა დასენიანებიდან 6 სთ-ს შემდეგ.

დასენიანებიდან 6 საათის შემდეგ მკვდარი უჯრედების პროცენტსა და ფიტოალექსინების დაგროვების დაწყების დროის შორის აღინიშნა მჭიდრო კორელაცია. კარტოფილის ძირითადი ფიტოალექსინი რიშიტინი გროვდება დასენიანებიდან 12 სთ-ს შემდეგ და მჭიდრო კორელაციურ დამოკიდებულებაშია დასენიანებიდან 6 სთ-ს შემდეგ მკვდარი უჯრედების პროცენტთან; ეს პროცენტი ანალოგიურია თვითეული ჯიშისათვის. კარტოფილის ფიტოალექსინების სინთეზი შეიძლება წარმოებდეს ზემოქმედობიარე მკვდარი უჯრედების მეზობლად მიმდებარე ცოცხალ უჯრედებშიც. ამიტომ მკვდარ უჯრედებში და მის ირგვლივ დაგროვილი რიშიტინის რაოდენობა საკმარისია სოკოს ზრდის შეზღუდვისათვის. დასენიანებიდან 6 სთ-ს შემდეგ უჯრედების კვდომამ შეიძლება მოახდინოს ფიტოალექსინის დაგროვება პათოგენის მაინჰიბირებელ დონემდე, სანამ გაივლის 12 სთ. დასენიანების შემდეგ, როდესაც ინფექციურ ჰიფებს აქვთ უნარი დატოვონ დაავადებული უჯრედები.

გვხვდება ისეთი უჯრედებიც, რომლებიც ნელა რეაგირებენ პათოგენზე, ამ შემთხვევაში სოკოს შეუძლია განაგრძოს ზრდა სხვა უჯრედებისაკენ ან უჯრედშორისებში, მანამ სანამ მათი ჰიფების ბოლოები არ შეეხება ზემოქმედობიარე რეაქტიულ უჯრედებს. რამდენადაც ნაკლებად გამძლე ჯიშების ქსოვილებს აქვთ მცირე რაოდენობის ასეთი უჯრედები, ამიტომ შეჭრილი პათოგენის მათთან კონტაქტი არ შეიძლება იყოს დიდი. ამ შემთხვევაში მკვდარი უჯრედები შემთხვევით შეიძლება იყოს ღრმად ქსოვილებში, მაგრამ ინფექციის ბოლო სტადიაზე შეიძლება გამოვლინდეს გამუქებული უჯრედებიც. დაგროვილი ფიტოალექსინების რაოდენობასა და გამუქებულ უჯრედებს შორის აღინიშნება კორელაცია. მაშასადამე ინფექციის გვიან

სტადიაზე მაღალგამძლე ჯიშების ქსოვილებში მცირე რაოდენობის უჯრედებში ნაკლებად გროვდება ფიტოალექსინი, ვიდრე ნაკლებად გამძლე ჯიშების ქსოვილებში. მაგრამ დასენიანებიდან მე-2 და მე-3 დღეს გამუქებულ უჯრედების პროცენტსა და ფიტოალექსინების რაოდენობას შორის კორელაცია ქრება.

კვლევის შედეგების საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ ინდუცირებული ფიტოალექსინის რაოდენობა, რომელიც საკმარისია პათოგენის ლოკალიზაციისათვის, დამოკიდებულია ზემოქმედობიარობის რეაქციაზე.

უჯრედის კვლომის პროცესი ხასიათდება შეჭრილი ჰიფის ირგვლივ ციტოპლაზმის აგრეგაციით, მისი მოძრაობის შეწყვეტით და მემბრანის გამჭოლვადობის ცვლილებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ინფექციური ჰიფის ზედაპირსა და ციტოპლაზმატურ მემბრანას შორის ურთიერთქმედება წარმოადგენს ძირითად რეაქციას, რომელსაც მიყვავართ უჯრედის კვლომამდე. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ *P.infestans*-ის ჰიფის კედლების ზოგიერთი კომპონენტები წარმოადგენენ კარტოფილის ქსოვილებში ფიტოალექსინების წარმოქმნის ინდუქტორებს.

კარტოფილის ტუბერების ქსოვილებიდან იზოლირებული პაროტოპლასტი რეაგირებას ახდენს *P.infestans*-ის ინფექციური ჰიფის კედლის აღნიშნულ კომპონენტებზე, რითაც ციტოპლაზმის აგრეგაცია მსგავსია შეუთავსებადი რასით დასენიანობისას უჯრედის ზემოქმედობიარობის კვლომის. რეაქტიული პაროტოპლასტერის განსაზღვრული პროცენტი იცვლება ჯიშების მიხედვით. თვითველ ჯიშს აქვს რეაქტიული და არარეაქტიული პაროტოპლასტების განსაზღვრული პროცენტი.

დადგინდა, რომ გამოცდილ ყველა ჯიშში არსებობს მჭიდრო კორელაცია რეაქტიული უჯრედების რიცხოვნობასა და იმ პაროტოპლასტების რაოდენობას შორის, რომლებიც რეაგირებენ ჰიფის კედლის კომპონენტებზე. პაროტოპლასტები აქტიურად რეაგირებენ იმ არაპათოგენური სოკოების ჰიფის კომპონენტებზე, რომელთაც ცელულოზა ძირითადად აქვთ უჯრედის კედელში და ეს რეაგირება იწვევს ქსოვილების გამუქებას.

ამრიგად, იზოლირებული პაროტოპლასტების რეაქცია ჰიფის კომპონენტებზე, როგორც ჩანს იდენტურია უჯრედის ზემოქმედობიარობის კვლომის, რომელიც დასენიანებულია შეუთავსებადი რასით. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ უჯრედის ზემოქმედობიარობის კვლომა – ეს არის პატრონ-მცენარის უჯრედების ცნობადობის რეაქციის შედეგი შეჭრილი პათოგენის კომპონენტების მიმართ. ცნობადობას ბიძგი შეიძლება მისცეს მცენარის უჯრედის მემბრანის კომპონენტებსა და პათოგენის კომპონენტებს შორის რეაქციამ.

P.infestans-მა შეიძლება ხშირად დაავადოს ისეთი მცენარეები, რომლებიც არ ითვლება მის პატრონ-მცენარედ და მასში იწვევს ისეთივე ზემოქმედობიარობის რეაქციას, როგორც გამძლე მცენარეებში. ეს მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ მრავალ მცენარეს აქვს უნარი ზემოქმედობიაროდ იმოქმედოს პათოგენური სოკოების კონკრეტულ კომპონენტებზე.

P.infestans-ის შეთავსებადი რასის შემთხვევაში მცენარეში არ გვხვდება გამძლეობის საპასუხო დინამიური რეაქცია და სოკო ადვილად იჭრება მის უჯრედებში. ეს უკანასკნელი შეთავსებადი რასით დასენიანებისას ძლებს რამოდენიმე დღის განმავლობაში. ამრიგად, *P.infestans*-ის შეთავსებად რასებს შეუძლიათ „თანაცხოვრება“ პატრონ-მცენარის ქსოვილებთან, რომელთაც აქვთ პათოგენის როგორც შეთავსებადი ასევე შეუთავსებადი რასების ცნობადობის უნარი, მათზე ზემოქმედობიაროდ რეაგირება და ფიტოალექსინების დაგროვება. შეთავსებადი რასებით დაავადებისას ინფექციის ადრეულ სტადიაზე ხდება ზემოქმედობიარობის რეაქციის დახშობა და შემდგომ უკვე შეუთავსებადი რასით დასენიანებისას ადგილი აქვს ფიტოალექსინების დაგროვებას.

როგორც ცდებმა გვიჩვენა პათოგენის ზოგიერთი ნივთიერებები მიმდებარე მცენარეებში იწვევენ ზემოქმედობიარობის რეაქციის დაქვეითებას, მაგრამ ისინი ტოქსიკურად არ მოქმედებენ მცენარის ქსოვილებზე. შეთავსებადი რასის კომპონენტები (ნივთიერებები) უფრო მეტად აქტიურია ვიდრე შეუთავსებადის, მიუხედავად

ამისა შეუძლებელია განსაზღვროს პათოგენის სპეციფიურობა თუ რაზეა დამოკიდებული, მათ თვისობრივ თუ რაოდენობრივ ხასიათზე.

დადგინდა, რომ *P.infestans*-თვის დამახასიათებელია ისეთი შემადგენელი კომპონენტები (ნივთიერებები), როგორცაა გლუკანები, რომლებიც იწვევენ კარტოფილის ზემგრძნობიარობის რეაქციის ინჰიბირებას. 1,2,3, და 4 რასების გლუკანები, რომელთა მიმართაც მიმდებიანია ცდაში მყოფი კარტოფილის ყველა ჯიშები, იწვევენ ამ უკანასკნელთა პროტოპლასტების ზემგრძნობიარობის რეაქციის ეფექტურად ინჰიბირებას. ინჰიბირების ეფექტი დამოკიდებულია გლუკონების კონცენტრაციაზე. აღსანიშნავია, რომ პროტოპლასტებში გლუკანები რაიმე ცვლილებას არ იწვევენ.

ამრიგად, გლუკანებს, რომელთაც შეუძლიათ კარტოფილის ზემგრძნობიარობის რეაქციის ინჰიბირება, შეუძლიათ იმოქმედონ, როგორც რასათა სპეციფიურობის დეტერმინანტები ფიტოფტოროზის დროს. გლუკანებით დამუშავებულ ქსოვილებში ფიტოალექსინების წარმოქმნის ინჰიბირება დაკავშირებულია უფრო მეტად უჯრედების არკვდომასთან, ვიდრე პირდაპირი გზით ფიტოალექსინების სინთეზზე ზემოქმედებასთან. გლუკონების მოქმედება პროტოპლასტებზე შეიძლება შესამჩნევი იყოს მხოლოდ 15 წუთის განმავლობაში, ზემგრძნობიარობის რეაქციის ინდუქციამდე. როგორც გლუკონებზე ასევე სხვა კომპონენტებზე მცენარის რეაგირებას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ძირითადად პროტოპლასტების ზედაპირზე.

ზემგრძნობიარობის რეაქციის წარმოქმნით ან გაქრობით შეიძლება განისაზღვროს თუ როგორია კარტოფილის ქსოვილების რეაგირება ინფექციაზე-შეთავსებადი თუ შეუთავსებადი. უჯრედების ზემგრძნობიარული კვდომა გამოწვეულია არასპეციფიურად თვითუღი რასის ინფექციური ჰიფის კომპონენტებით. ამ უკანასკნელთა გამოსავლენად და ფიტოალექსინების სინთეზისათვის აუცილებელი ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური სისტემები არსებობს კარტოფილის თვითუღი ჯიშისათვის გამძლეობის გენებისაგან დამოუკიდებლად.

დადგინდა, რომ პათოგენის პროცესში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს იმას წარმოებს თუ არა დაავადების კვლდაკვალ უჯრედების ზემგრძნობიარული კვდომა. უჯრედების კვდომა წარმოადგენს მასში შეჭრილი პათოგენის ზოგიერთ მოლეკულებსა და მცენარის ციტოპლაზმატური მემბრანის მოლეკულების ურთიერთმოქმედების შედეგს. უჯრედების კვდომის გამომწვევი პათოგენის კომპონენტების ცნობადობა ხდება პატრონ-მცენარის უჯრედების მიერ. ამ უკანასკნელთა დროული კვდომა, რომელიც ხდება პათოგენის შეჭრის შემდეგ, აქტიურად ზღუდავს მის გადაადგილებას უჯრედებში, ფიტოალექსინების დაგროვების ხარჯზე. პათოგენისა და მცენარის შეთავსებადი ურთიერთქმედების უჯრედების ზემგრძნობიარული კვდომა ხდება იმგვარად, რომ პატრონ-მცენარის არც ერთი საპასუხო რეაქცია არ წარმოადგენს გამძლეობის რეაქციას.

ცდაში მყოფი ყველა ჯიშის კარტოფილის ქსოვილები შეიცავენ განსაზღვრული პროპორციით ზემგრძნობიარე რეაქტიულ და ნაკლებად ან საერთოდ არარეაქტიულ უჯრედებს, *P.infestans*-დმი გამძლეობის გენებისაგან დამოუკიდებლად. ქსოვილებში ზემგრძნობიარე რეაქტიული უჯრედების არსებობა წარმოადგენს მნიშვნელოვან ფაქტორს გამძლეობის ინტენსივობის განსაზღვრისათვის.

როგორც ჩანს კარტოფილის უჯრედები ფლობენ, როგორც პათოგენების ასევე არაპათოგენების ზოგიერთი კომპონენტების ცნობადობის სპეციფიურ უნარს და ეს იწვევს გამძლეობის რეაქციას იმისგან დამოუკიდებლად არსებობენ თუ არა გამძლეობის გენები *P.infestans*-ის მიმართ. მაშასადამე გამძლეობის გენები *P.infestans*-ის მიმართ შეიძლება დიდად იყოს დამოკიდებული ზემგრძნობიარობის მაინდუცირებელ და მაინჰიბირებელ ფაქტორებთან. ე.ი. რასათა სპეციფიურობა კარტოფილის ფიტოფტოროზის დროს შესაძლებელია ძირითადად განისაზღვროს ზემგრძნობიარობის მაინჰიბირებელი ფაქტორებით.

არსებობს შემთხვევები, როდესაც შეთავსებადი პათოგენები არ შეიცავენ ისეთ კომპონენტებს, რომლებიც შეიცნობა პატრონ-მცენარის უჯრედების მიერ და ამიტომ არ ხდება ფიტოალექსინების წარმოქმნა. პათოგენის სპეციფიური ტოქსინები მოქმედებენ, როგორც პატრონ-მცენარის გამძლეობის რეაქციის მაინჰიბირებლები, ამიტომ ისინი მოქმედებენ, როგორც პათოგენობის დეტერმინანტები.

მცენარისთვის, როგორც ჩანს დამახასიათებელია ინფექციური დაავადებებისაგან დაცვის მემკვიდრული სისტემა. პათოგენებმა თავის მხრივ შეიძინეს უნარი – შეიჭრან განსაზღვრულ პატრონ-მცენარის ქსოვილში, ისე რომ არ გამოიწვიონ გამძლეობის ევექტური რეაქციები ან შეაჩერონ პატრონ-მცენარის გამძლეობის რეაქციები. შეიძლება ითქვას, რომ ყველა კომბინაცია პატრონ-მცენარე – პათოგენი ფლობს ინდივიდუალურ ტაქტიკას, რითაც შეიძლება მცენარის ქსოვილების დაცვითი რეაქციის ინდუცირება ან ინჰიბირება პათოგენების სხვადასხვა ეტაპზე. სისტემა კარტოფილი – *P.infestans* გვიჩვენებს პატრონ-მცენარის უჯრედის ზემოქმედების რეაქციის აღძვრას ან გაქრობის როლს რასების სპეციფიურობის განსაზღვრისათვის.

ლიტერატურა

1. Канчавели Ш.С. Сверхчувствительность как фактор иммунитета растений. // Georgian Engineering News. 2016, № 3, сс. 83-85.
2. Doke N., Garas., Kyc J. Effect of host hypersensitivity of suppressors released during the germination of phytophthora infestans cystospores. – Phytopathology, 1980, 70, pp. 35-39.
3. Doke N., Tomiyama K. Effect of high molecular substances released from zoospores of phytophthora infestans on hypersensitive response of potato tubers. – Phytopathology.Z. 1977, 90, pp. 236-242.
4. Doke N., Tomiyama K. Suppression of the hypersensitive response of potato tuber protoplasts to hyphal wall components by water soluble glucans isolated from phytophthora infestans. – Physiol. Plant Pathol. 1980, 16, pp. 177-186.
5. ყანჩაველი შ.ს., ბაღათურია მ.ა. ფიტოალექსინები, როგორც ხეხილის ტრაქეომიკოზული ხმობისადმი გამძლეობის ერთ-ერთი მაჩვენებელი. //სულხან-საბა ორბელიანის სახელობის სახელმწიფო პედაგოგიური უნივერსიტეტის პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „პრომეთე“, 2005, 6 (18).
6. Keen N., Legrand M. Surface glycoproteins: evidence that they may function as the race – specific phytoalexin elicitors of phytophthora megasperma f. sp. glucinea. – Physiol. Plant Pathol. 1980, 17, pp. 175-192.

SUMMARY

DYNAMICS OF HYPERSENSITIVITY REACTION OF PATHOGEN AND PLANT DURING SPECIFIC INTERACTION

Kanchaveli Sh.S.

Scientific Research Centre of Georgian Ministry of Agriculture

Steadiness of different species of potato towards Phytophthora infestans greatly depends on hypersensitivity reaction of plant cells. Plant and pathogen incompatibility is determined by the timely death of cells and timely accumulation of phytoalexins. The difference in steadiness among species is connected with the number of hypersensitive cells in issues of each species. The incompatibility between the pathogen and plants is caused by the inhibition of the hypersensitivity reaction by specific substances released by the appearance of hypersensitivity reaction and its disappearance is an important factor and it also determines the specification of races.

Keywords: potato, pathogen, phytoalexin.

ИММУНИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ ПРОТИВ ГРИБНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ**Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М****Научно исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии
Грузинский Технический Университет**

Сообщения об имунизации растений против болезни с помощью заражения вызывающим её патогеном, непотагенными для сорта расами возбудителей, патогенами других видов и, реже, метаболитами возбудителей имеют по меньшей мере 150 – летнюю историю. Однако недавно обоснованность имунизации растений была установлена экспериментально, а с её установлением началось прогрессирующее изучение молекулярных механизмов, ответственных за это явление, и возможностей её применения в борьбе с болезнями.

Целый ряд авторов [1-3] установили возможность имунизации растений против заболеваний, вызванных грибами. А так же установлено, что тыквенные культуры можно иммунизировать против грибных бактериальных и вирусных заболеваний путём заражения грибами, бактериями или вирусами [4].

С иммунизацией связано появление макро и микроскопических некрозов, вызванных возбудителем, однако не все типы некрозов приводят к имунизации. Механические повреждения, вызванные химическими веществами, сухим льдом или грибными и растительными экстрактами, не дают системных иммунизации тыквенных. Заражение грибом *Colletotrichum lagenarium* предохраняет огурец от реакции сверхчувствительности, вызываемой *Phitophthora infestans* – непатогенным для этого растения грибом. Однако же инокуляция *P. Infestans*-ом не обеспечивает защиты огурца от поражения *C. Lagenarium*-ом.

Удаление первого настоящего листа (лист-индуктор) через 72-96 ч. После заражения грибами или бактериями не ослабляет иммунизацию листьев, расположенных выше место её индуцирования. Точно так же удаление листьев, расположенных выше листа-индуктора, после приблизительно равного лаг-периода не ослабляет иммунизацию удалённых листьев. Если с иммунизационного растения удалить листья, а также пазушную почку, расположенную в месте соединения черешка и стебля, то листья могут дать корешки, и растение будет иммунизированной.

Сигнал иммунизации в тыквенных передаётся при прививке и не обладает сортовой, родовой или видовой специфичностью. Эксперименты с прививкой позволяют предположить, что в точке индукции образуется какой-то химический сигнал, который передается в другие ткани и обуславливает их устойчивость. Для листовых патогенов эффект иммунизации выражен сильнее над листом- индуктором, чем под ним.

Тем не менее, заражая листья, можно иммунизировать корни. Кольцевание черешка листа-инуктора предупреждало иммунизацию расположенных выше и ниже него частей растения. Кольцевание черешков листьев, используемых в дальнейшем для вторичного заражения, при интактном черешке листа-индуктора предупреждало иммунизацию только в листьях для вторичного заражения. Кольцевание почти полностью прекращает движение сахарозы из листа-индуктора, позволяя предполагать, что его влияние на иммунизацию определяется нарушением передвижения веществ во флоэме. Эти данные вместе с результатами экспериментов по передаче иммунизирующего фактора через прививку и сохранение иммунизации после удаления листа-индуктора служат четким доказательством того, что индукция- это результат сигнала, передаваемого из листа-индуктора. Однако постоянная подача сигнала не обязательна, и ткани, однажды получившие его требуют листа-индуктора для иммунизации.

Заражение первого настоящего листа огурца грибом *C. lagenarium* и последующая (через 2-3 недели) повторная инокуляция этим грибом иммунизирует растения огурца против заболеваний, вызываемых *C. lagenarium*, *Cladosporium cucumerinum* и *Pseudomonas lachrimans* в течение периода плодоношения. Иммунизирующее действие одной индукции продолжается в течение 4-6 недель, но без повторного заражения системная устойчивость теряется начиная с наиболее удалённых частей растения и все ближе к листу-индуктору. Однако растения огурца невозможно иммунизировать, если они вступили в фазу цветения или плодоношения.

Устранение цветочных почек до их раскрытия не продлевает период, в течение которого возможно иммунизация. Это заставляет предполагать, что «биологические часы» растения, запрограммированные на репродукцию, в исключают способность к иммунизации, но не устраняют её из уже иммунизированных тканей. Таково дополнительное доказательство, что иммунитет и сдерживание патогенов представляют собой разные метоболические процессы.

Концентрация инокулюма, использованно для индукции, и количество некрозов, образовавшихся на листе-индукторе, прямо связаны с размерами иммунизации до тех пор, пока не будет достигнута точка их насыщения. Единственный некроз, вызванный *C. Lagenarium* на листе-индукторе, иммунизирует ткани выше точки индукции. При высоких концентрациях вторичного инокулюма иммунизация, индуцированная низким уровнем инокуляционной нагрузки, будет до определённой степени ослабевать; Например, часто происходит уменьшение не числа некрозов, а их размеров. Иногда высокие концентрации инокулюма *C. Lagenarium* вызывают образование системных симптомов на растениях. Это явление не наблюдалось на иммунизированных растениях. Сокращение размеров системного заболевания при иммунизации через листья также доказано на примере растений, повторно зараженных бактерией *Erwinia tracheiphila*.

Установлено, что иммунизация через листья эффективна против *C. Lagenarium* или *C. Cucumerinum*, нанесенных на поверхность листьев или инфильтрованных в них. Она ослабляет размножение *Pseudomonas lachrimans* и эффективна против увядания, вызванного корневым патогеном *Fusarium oxysporum f. sp. Cucumerinum*. Представляется невероятным, что все перечисленные явления можно объяснить только одним механизмом сдерживания.

Проникание аспресориев *C. Lagenarium* в ткани иммунизированного растения огурца заметно ослабевает, тогда как прорастание конидий не нарушается. В то же время прорастание конидий и проникание *C. Cucumerinum* в иммунизированные ткани растений огурца остаётся без изменений. *C. Cucumerinum* внедряется в течение 18 ч. а *C. Lagenarium*, развевающийся из толстостенных аспресориев, требует для этого 40-60 ч.

Гистологические и химические исследования позволяют предположить, что механизмы сдерживания *C. Cucumerinum* в иммунизированных тканях имеют общие признаки с механизмами в тканях устойчивых, неиммунизированных растений. Однако в случае *C. Lagenarium* иммунизация, видимо, активирует по крайней мере ещё один дополнительный механизм сдерживания в иммунизированных растениях по сравнению с неиммунизированными устойчивыми. Проникание осуществляется одинаково легко в устойчивых и восприимчивых растениях, но только у первых ассоциируется с реакцией типа сверхчувствительности. Иммунизация устойчивого растения ограничивает проникание и усиливает устойчивость, но не является причиной активизации сверхчувствительных реакций вокруг места проникания у восприимчивых растений.

Иммунизация сопровождается по меньшей мере трехкратным увеличением активности пероксидазы. Она носит системный характер и отмечена у иммунизированных, не подверженных вторичному заражению тканей, удалённых от место индуктивной инокуляции. Поскольку индукция с помощью *C. Lagenarium*, *C. Cucumerinum* и *P. Lachrimans* вызывает это увеличение, то она видимо, связана с пероксидазной активностью хозяина. При иммунизации единственное пятно некроза на листе-индукторе приводит к статистически значимому системному приросту пероксидазной активности, которая коррелирует с заметным усилением активности отдельных изоферментов. Повторное заражение *C. Lagenarium*-ом заметно повышает степень иммунизации и системное увеличение пероксидазы. Активность пероксидазы после контрольного заражения *C. Cucumerinum* и *C. Lagenarium* возрастает скорее в иммунизированных, чем в неиммунизированных растениях, и это также связано с усилением активности некоторых изоферментов. Однако со временем общая пероксидазная активность в повторно зараженных тканях неиммунизированных растений может превзойти таковую в иммунизированных. В неиммунизированных тканях активность пероксидазы часто выше, чем в иммунизированных тканях после вторичного заражения. Возможно, реакция наступает слишком поздно и вначале она слишком слаба.

Резкое усиление пероксидазной активности отмечено также в стареющих листьях огурца, причём такая ткань у неиммунизированных растений не более устойчива к *C.*

Lagenarium, чем молодые ткани. Точно так же обработка растений огурца этиленом приводит к увеличению пероксидазной активности, но не вызывает системного иммунитета.

Повышение активности пероксидазы чётко совпадает с началом иммунизации и увеличением лигнификации иммунизированных растений после вторичного заражения.

У устойчивых огурцов лигнификация быстро возникает после проникания *C. Cucumerinum* и проявляется во многих клетках вокруг места проникания. Лигнификацию наблюдали и у восприимчивых огурцов, зараженных этим патогеном, но реакция задерживалась до момента, когда патоген распространился в ткани, и была слабой и диффузной. Такой же процесс протекает в листьях восприимчивых огурцов, зараженных *C. Lagenarium*.

В растениях иммунизированных заражением *C. Lagenarium*, *C. Cucumerinum* и вторично зараженных *C. Cucumerinum* или *C. Lagenarium*, лигнификация идет более быстро, интенсивно и недиффузно по сравнению с неиммунизированными растениями. В иммунизированных растениях, вторично зараженных *C. Cucumerinum*, она охватывает многочисленные клетки вокруг места заражения, а в растениях, зараженных *C. Lagenarium*, выражена в местах проникания, но особенно под аппрессориями где проникание не происходит. Процессы лигнификации более локализованы в иммунизированных растениях, вторично зараженных *C. Lagenarium* в сравнении с *C. Cucumerinum*. После проявления лигнификации оба вида гриба растут слабо.

Установлено, что лигнификация – это механизм устойчивости к заболеванию. Она может ограничивать развитие патогенов с помощью следующих механизмов: 1. увеличения механической устойчивости стенок клетки хозяина; 2. уменьшения восприимчивости клеточных стенок хозяина к разрушению внеклеточными ферментами; 3. ограничения диффузии патотоксинов и питательных веществ; 4. подавления роста патогена в результате действия токсических предшественников лигнина или лигнификации патогена. Установлена также, что хитин как компонент клеточных стенок многих грибов может служить индуктором и матриксом для лигнификации.

Таким образом, лигнификация может создавать чрезвычайно неблагоприятные условия для грибов, например, обуславливая высокую токсичность фенольных предшественников лигнина, токсичность свободных радикалов, лигнификацию грибов, связывание грибов клеточными стенками, повышение устойчивости полисахаридов и белков клеточных стенок хозяина к действию грибных гидролаз.

Доказательство роли лигнификации как механизма сдерживания грибов в иммунизированных растениях весомо: грибы попадают в неблагоприятные условия среды, если происходит процесс лигнификации. Ограниченное распространение системных заболеваний грибных или бактериальных – можно было бы объяснить действием лигнификации на патогены или на их внеклеточные токсины или ферменты. В иммунизированных растениях после вторичного заражения лигнификация протекает быстрее и с большей интенсивностью.

Нашими опытами установлено, что иммунизация растений с помощью абиотических факторов, была безупречной. Для этого испытывали препараты клеточной стенки грибов и бактерий, их экстракты или внеклеточные продукты, экссудаты флоэмы, экстракты из зараженных и иммунизированных незараженных тканей. Соответствующими препаратами или экстрактами опрыскивали листья, вводили их в листовые пластинки или вносили в растения через корни, в тест-растворы помещали отдельные листья и всходы.

Установлено, что индуктор иммунизации образуется в течение довольно короткого периода после индукции, и этот или другой фактор влияет на нераскрывшиеся листья в точке роста. Нераскрытые листья в соответствующей фазе развития могут быть иммунизированы в течение 4-6 недель. Если через 3 недели провести повторное инокулирование, поражение достаточно молодых, нераскрывшихся листьев обеспечит стабильность иммунитета на весь период плодоношения. Возможность, что какое-то низкомолекулярное транслоцируемое информационное вещество служит компонентом индукции, является в высшей степени спекулятивной, но может быть доказана при наличии соответствующих данных.

Слабое заражение огурца, арбуза и дыни грибом *C. Lagenarium* защищает растения в поле от заболеваний, вызываемых при искусственном заражении высокими концентрациями патогена. В некоторых опытах некротизированная зона у иммунизированных растений сокращалась более чем на 98% в сравнении с растениями, которые не были иммунизированы.

Контрольные растения, перенесшие заражение, были защищены от антракноза, на рост и урожай иммунизация не влияла.

Надо сказать, что иммунизация не обеспечивает защиту растений от всех заболеваний. Нам не удалось иммунизировать тыквенные против мучнистой росы или использовать патоген для индукции. Большинство наших полевых опытов проведено с использованием большой инокуляционной нагрузки для определенными климатическими и почвенными условиями.

При иммунизации возможно, что в растениях развивается какой-то химический защитный барьер, который свидетельствует о безопасности растений или растительных продуктов.

Таким образом, иммунизация растений для борьбы с болезнями имеет многочисленные положительные качества, которые эффективны против грибных и бактериальных заболеваний. Иммунизация, по-видимому, зависит от активации нескольких различных механизмов и потому стабильна. Способность восприимчивых растений к иммунизации предполагает, что все растения имеют генетический потенциал устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yarwood C. E. Cross protection with two rust fungi.//Phytopathology, 1996, 86, pp. 115-131.
2. Müller K.O. Einige einfache Versuche zum Nachweis von Phytoalexin. // Phytopathol Z. 1995, 27, pp. 237-254.
3. Канчавели Ш. С. Перекрестная защита Растений – Georgian Engineering News. 2015, N4, сс. 135-137.
4. Cuc J. and Richmond S. Aspects of the protection of cucumber against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. – Phytopathology, 1977, 67, pp. 533-536

SUMMARY

IMMUNIZATION OF PLANTS AGAINST FUNGUS AND BACTERIAL DISEASES.

Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.

Scientific Research Centre of Georgian Ministry of Agriculture

Georgian Technical University

The immunization of plants against diseases has been studied. It has been determined that during fruiting infection of first real leaf in cucumber caused by fungus *Colletotrichum lagenarium* and the second following (2-3 weeks later) inoculation immunize the plant of cucumber against the disease, caused by *C.lagenarium*, *Cladosporium cucumerinum* and *Pseudomonas lachrimans*. Concentration of inoculum, used for induction, and quantity of necrosis having been revealed on the leaf-inductor are directly connected with the doses of immunization until the saturation is reached. The immunization is accompanied by the increasing activity of peroxidase and lignifications of immunized plants after the second infection. Lignification is the mechanism of resistance to the disease. Immunization seems to be dependent on the activation of several different mechanisms and thus it reveals stability.

Keywords: plant, immunization, cucumber, lignification.

ექვთიმე მისხიელ გვერდწითელის ხსოვნას



გარდაიცვალა ცნობილი ქართველი მეცნიერი და პედაგოგი მისხიელ გვერდწითელი.

მისხიელ გვერდწითელი დაიბადა 1951 წელს თბილისში. 1968 წელს ოქროს მედლით დაამთავრა თბილისის 55-ე საშუალო სკოლა, ხოლო 1973 წელს – თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტი. 1977 წელს მოსკოვში, ელექტროქიმიის ინსტიტუტში დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია, ხოლო 1993 წელს თბილისში – სადოქტორო დისერტაცია.

1994 წლიდან მისხიელ გვერდწითელი უნივერსიტეტის პროფესორია. 1995 წელს აირჩიეს ნიუ-იორკის აკადემიის წევრად. იმავე წელს მიენიჭა სოროსის ასოცირებული პროფესორის წოდება. 2011 წელს გახდა ამერიკის ქიმიური საზოგადოების წევრი.

მისხიელ გვერდწითელი საქართველოში მათემატიკური ქიმიის სკოლის ფუძემდებელია, მისი ხელმძღვანელობით ამ სფეროში დაცულია სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაციები, გამოქვეყნებულია 200-ზე მეტი სტატია და მონოგრაფიები.

წლების მანძილზე, მისხიელ გვერდწითელი იყო თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დიდი სამეცნიერო საბჭოს წევრი, ქიმიის ფაკულტეტის დეკანის მოადგილე, ქიმიის დეპარტამენტის დირექტორი. იგი იყო ჟურნალის – „თსუ შრომები ქიმია“ – რედაქტორის მოადგილე, „საქართველოს ქიმიური ჟურნალის“ ერთ-ერთი დამფუძნებელი და რედაქციის წევრი, საქართველოს ჟურნალისტთა ფედერაციის წევრი – გამოქვეყნებული აქვს პუბლიცისტური წერილები და კრებულები.

ბატონი მისხიელი ქიმიის დარგში პირველი საყმაწვილო ენციკლოპედიის თანაავტორია.

მ. გვერდწითელი უპირველეს ყოვლისა, ახალგაზრდა თაობის შესანიშნავი აღმზრდელი, გულისხმიერი პედაგოგი იყო, რომელიც მუდამ მხარში ედგა სტუდენტობას.

მისხიელ გვერდწითელის ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება მეგობრების, კოლეგების, აღზრდილების გულში.

*ჟურნალ Georgian Engineering News-ის რედაქცია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

ექვნება ლივერი ქაღაბიშვილის ხსოვნას



გარდაიცვალა საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი ლივერი ქაღაბიშვილი.

ლ. ქაღაბიშვილი დაიბადა 1941 წლის 6 მაისს გურჯაანის რაიონის სოფ. ჭანდარში.

დაამთავრა გურჯაანის საშუალო სკოლა.

1962–1969 წლებში სწავლობდა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში კიბერნეტიკის ფაკულტეტზე.

1969 წლიდან მუშაობდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტში უმც. მეცნიერ თანამშრომლად, წამყვან ინჟინრად, მეცნიერ თანამშრომლად, უფროს მეცნიერ თანამშრომლად.

2003 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხის მოსაპოვებლად.

ლ. ქაღაბიშვილს გამოქვეყნებული აქვს 100-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია, 8 მონოგრაფია, მონაწილეობდა საერთაშორისო კონფერენციებში. ავტორია პოეტური და პროზაული კრებულების.

ქალბატონი ლივერის ამ ქვეყნიდან წასვლამ გული დასწყვიტა მეგობრებსა და ახლობლებს, მისი სახელი სამუდამოდ დარჩება მათ გულებში.

*ჟურნალ Georgian Engineering News-ის რედაქცია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვლადიმერ ჭავჭავანიძის სახელობის
კიბერნეტიკის ინსტიტუტი*