

საქართველოს  
საინჟინრო  
სიხლენი

სსს

1'21

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

GEN

---

ISSN 1512-0287

საქართველოს  
საინჟინერო  
სიანხლენი

GEORGIAN  
ENGINEERING  
NEWS

**N1, vol. 92, 2021**

# საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 92, 2021

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

## სარედაქციო კოლეგია

- პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), 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. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო),  
პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი),  
რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი),  
რ. შრაფტი (გერმანია), დ. ჩომახიძე (საქართველო), გ. ჯავახაძე (საქართველო),  
ა. 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), 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](http://www.tech.caucasus.net)

Copyright © by GEN LTD

არჩილ შრანგიშვილი – 60



საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი,  
საქართველოს საინჟინრო აკადემიის პრეზიდენტი, საერთაშორისო  
საინჟინრო აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი, ტექნიკურ მეცნიერებათა  
დოქტორი, პროფესორი, ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“  
მთავარი რედაქტორი

არჩილ ფრანგიშვილი დაიბადა 1961 წლის 13 აპრილს, ქ. თბილისში.

1979 წელს სკოლის დამთავრების შემდეგ, ჩაირიცხა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფაკულტეტზე. 1983 წელს დაამთავრა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ავტომატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფაკულტეტი ინჟინერ-სისტემოტექნიკოსის სპეციალობით. იმავე წელს შევიდა პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გამოთვლითი ტექნიკის კათედრის ასპირანტურაში. 1987 წელს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ასპირანტურის დამთავრების შემდეგ მუშაობდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გამოთვლითი ტექნიკის კათედრის დოცენტად და საპრობლემო ლაბორატორიის სექტორის გამგედ, კომპიუტერული და ინფორმაციული ტექნოლოგიების სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიის სამეცნიერო ხელმძღვანელად.

1987 წ. ა. ფრანგიშვილმა წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად მოსკოვის საინჟინრო-ფიზიკურ ინსტიტუტში, 1992 წ. კი – სადოქტორო დისერტაცია.

1992-დან 2003 წლამდე ბატონი არჩილი მუშაობდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის, მართვის სისტემებისა და ტელეკომუნიკაციების ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილედ.

2007–2014 წწ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარეა.

2002–2005 წლებში არჩილ ფრანგიშვილი იყო საქართველოს პრეზიდენტის საგანგებო რწმუნებული ენერჯეტიკის სფეროში.

2005–2008 წლებში – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის მოადგილეა, ხოლო 2008–2009 წლებში ასრულებს რექტორის მოვალეობას. 2009 წლიდან 2020 წლამდე კი უნივერსიტეტის რექტორია.

1997 წელს ა. ფრანგიშვილი აირჩიეს საქართველოს ეროვნული მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტად, ხოლო 2013 წლიდან აკადემიკოსად.

2010 წლიდან არის ევროპის მეცნიერებათა და ხელოვნების აკადემიის ნამდვილი წევრი და არაერთი დარგობრივი საერთაშორისო აკადემიის წევრი.

2007 წლიდან დღემდე – საქართველოს საინჟინრო აკადემიის პრეზიდენტი და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის პირველი ვიცე-პრეზიდენტი.

2011 წლიდან დღემდე არის საქართველოს წარმომადგენელი სამთავრობათაშორისო ორგანიზაცია „ბირთვული კვლევების ცენტრი“-ს ფინანსურ კომიტეტში (ქ. დუბნა); საქართველოს წარმომადგენელი სუამ-ის ქვეყნების ნანოტექნოლოგიების განვითარების საბჭოში.

2013 წ. აირჩიეს სულიერების, კულტურის და მეცნიერების აღორძინების და განვითარების სრულიად საქართველოს კათალიკოს-პატრიარქის საერთაშორისო საქველმოქმედო ფონდის მმართველთა საბჭოს წევრად.

ა. ფრანგიშვილის სამეცნიერო ხელმძღვანელობით დაცულია არაერთი საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაცია. ავტორია 300-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის, მათ შორის 25 მონოგრაფიის, 15 სახელმძღვანელოსი და 20 პატენტის.

2012 წელს არჩილ ფრანგიშვილს მიენიჭა საქართველოს ეროვნული პრემია მეცნიერების და ტექნიკის დარგში ბიომეტრიული კომპიუტერული ტექნოლოგიების დამუშავებისა და დანერგვისათვის, ხოლო 1990 წელს – საქართველოს სახელმწიფო პრემია მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში მიკროპროცესორული ქსელური სტრუქტურების დამუშავებისა და სერიულ წარმოებაში დანერგვისათვის. დაჯილდოებულია: ღირსების ორდენით და ღირსების მედლით; მეცნიერების ისტორიის საქართველოს საზოგადოების მედლით მეცნიერებაში მიღწეული წარმატებისათვის.

2000 წელს მეცნიერების, ტექნიკის და ტექნოლოგიების განვითარებაში აღიარებული წვლილისათვის, აგრეთვე საერთაშორისო საინჟინრო თანამეგობრობის განმტკიცებისათვის, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის პრეზიდენტთა საბჭოს დადგენილებით მას მიენიჭა საპატიო წოდება – „მე-20 საუკუნის გამოჩენილი ინჟინერი“.

ვულოცავთ ბატონ არჩილს საიუბილეო თარიღს და ვუსურვებთ ნაყოფიერ სამეცნიერო მოღვაწეობას.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალის „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია*

სარჩევანი

არჩილ შრანგიშვილი – 60	3
<b>ПРИБЛИЖЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПЛОСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕРМОДИФФУЗИИ</b> <i>Безугашвил Ю.А., Качахидзе Н.Д.</i>	9
პირამიდის მიმართ წერტილის მდებარეობის დადგენა <i>ტაკაშვილი ვ.რ., მასპინძელაშვილი ბ.ი.</i>	14
სიბრტყის განტოლების შედგენა, რომელიც ორი სიბრტყის მიერ შემფენილ რომელიმე ვერტიკალურ ორწახნაბა კუთხეებს ყოფს რაიმე ფარდობით რომელიმე სიბრტყის მხრიდან <i>მასპინძელაშვილი ბ.ი., ტაკაშვილი ვ.რ.</i>	17
წერტილის გადაადგილება მოცემული ვექტორის მიმართ ნებისმიერი კუთხით <i>ქადარია ი.რ., მასპინძელაშვილი ბ.ი.</i>	20
ორი სიბრტყის მიერ შედგენილი ორწახნაბა ვერტიკალური კუთხეების იმ ორწახნაბა კუთხის ხაზოვანი კუთხის დადგენა, რომელშიც მოცემული წერტილი მდებარეობს <i>მასპინძელაშვილი ბ.ი., ქადარია ი.რ.</i>	24
ფუნქციონალური დაპროგრამება - გამოყენების ასპექტები PYTHON- ში <i>ჯოჯუა ზ.ს., ჯოჯუა ნ.მ., გვარამია ე.გ., ბოჭორიძე ე.გ.</i>	29
მრავალფუნქციური ებზოჩონჩხის ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციის ალგორითმების დამუშავება ადამიანის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანისთვის <i>დოხნაძე ს.ბ., თოდუა თ.დ.</i>	32
გეომეტრიული აღწერების დაპროგრამების მეთოდების გავლენა ატლასის ექსპერიმენტის სიმულაციის წარმადობაზე <i>კეკელია ბ.დ.</i>	36
სატესტო მაგალითების ფორმირება ატლასის ექსპერიმენტის სიმულაციის ამოცანებისთვის <i>კეკელია ბ.დ.</i>	41
რადიო სიგნალების დამუშავების ადაპტიური მოდელი შემდეგი თაობის რადიო სისტემებისთვის <i>კვერნაძე მ.ა., ზანგალაძე ა.პ., კვიციანი შ.გ., კვერნაძე ს.ა., ბერიძე ჯ.ლ.</i>	45
სახელდასმული მონაცემთა ინტერნეტი და მისი უპირატესობა <i>ზანგალაძე ა.პ.</i>	57
ღრმა სწავლების ფილოსოფია <i>ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიეშვილი თ.მ., გოგიაშვილი ე.გ., კიკნაძე მ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.</i>	63
თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიები და კორონავირუსის (კოვიდ 19) პანდემია <i>ქათამაძე ს.ა.</i>	68

მეოთხე ინფუსტრიული რევოლუციის გამოწვევები, მათზე რეაგირების გზები და სწრაფი გამოთვლითი რესურსების საჭიროება <i>ოიკა შვილი ბ.გ.</i>	72
ავტომატიზირებული მართვის სისტემების როლი და მნიშვნელობა თანამედროვე საწარმოებში <i>მენაბდე თ.რ., ცხოვრებაძე თ.კ., ართშვილი ნ.გ.</i>	75
<b>ESTIMATION OF THE MAGNETIZATION OF SOME NONCOLLINEAR MAGNETIC STRUCTURES</b> <i>Gamishidze Z.M.</i>	79
საინჟინერიო-სამშენებლო პროექტების კომპლექსური ანალიზი <i>ხუციშვილი ს.ა., მუსხერიძე რ.რ.</i>	83
მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი ახალ მოდიფიკატორზე <i>როსნაძე გ.გ., კანკავა ა.გ., ყიფიანი პ.ნ., შალამბერიძე მ.შ.</i>	89
ტრადიციული და მაღალი სიმტკიცის ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმი <i>როსნაძე გ.გ., კანკავა ა.გ., შალამბერიძე მ.შ., ბანძელაძე ბ.რ.</i>	93
დურომირებულ შენობა-ნაბეზობათა ფუძე-საძირკვლების გამომკვლევისთვის ჩასატარებელი სამუშაოები <i>ბახტაძე ნ.გ., შენგელია მ.რ., ტყაბლაძე ვ.ს.</i>	98
ადგილობრივ საშენ მასალებზე დამზადებული დანამატიანი ბეტონების თვისებების კვლევა და დანერგვა სამშენებლო წარმოებასა და საავტომობილო გზების ინფრასტრუქტურაში <i>გიორგიშვილი თ.გ., ბოჭორიშვილი ნ.თ., საღუშქვაძე ი.კ., შენგელია მ.რ.</i>	101
საჰაერო ელექტროგადცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე <i>ბალახაშვილი ლ.პ.</i>	103
ალმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზირებისათვის საჭირო ნახშირბადოვანი მასალებისა და მოხახუნე სხეულების მასალების კვლევა <i>აბრამიშვილი ვ.ს., გელაშვილი თ.გ., იოსებძე ჯ.ს., ერისთავი ბ.გ., დიასამიძე ნ.ნ., ხვედელიძე მ.ტ.</i>	107
ალმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზისათვის საჭირო ამორფული ნანოფისკერული ნახშირბადების შემცველი მოდულური ზეთების რეოლოგიური და ტრიბოტექნიკური თვისებების კვლევა <i>აბრამიშვილი ვ.ს., იოსებძე ჯ.ს., ფრიდონაშვილი დ.ნ., დიასამიძე ნ.ნ., ხვედელიძე მ.ტ., სალაძე ც.მ.</i>	114
ახალი ცვეთამდე დანადგარები დანაზარტიანი ელექტროდების ტექნოლოგიური მახასიათებლები <i>ხუციშვილი მ.გ., ლადიანიძე ვ.ა., სარალიძე ბ.რ., აბდუშელიშვილი ი.თ.</i>	121
სამშენებლო სექტორში შრომის უსაფრთხოება კოვიდ 19-ის პანდემიის პირობებში (აშშ) <i>ბერაძე ლ.გ.</i>	125

ევროპული ოფციონის ფასდაღების მოდელირება  
*მანაშვილი ქ.ა., რაზმაძე ნ.გ., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.* 129

ტოქსინების ყოფაქცევის რებრუსიული მოდელის შესახებ  
*მანაშვილი ქ.ა., ხერინაშვილი ზ.ჯ., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.* 137

**FREQUENCY OF UNPLEASANT ODOUR IN DRINKING WATER  
IN SOME DISTRICTS OF TBILISI**  
*Gurgenidze D.R., Bagraion-Daviashvili A.N., Inashvili I.D., Bziava K.G., Soselia M.T.* 140

მდინარე მტკვრის დაბინძურება ფარმაცევტული პრეპარატებით  
ქობილისის მიმდებარე ტერიტორიაში  
*გურგენიძე დ.რ., გვიშიანი ზ.პ., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.,  
ცინაძე ზ.ო., სურამელაშვილი ე.რ., ებანოიძე გ.გ.* 145

მდინარე ღურუჯის წყალშემკრები აუზის კომპლექსური  
ანალიზი და სისტემური შეფასება  
*შოგირაძე მ.ხ.* 149

**MECHANICAL PROPERTIES OF ISOTHERMALLY HARDENED  
40ГМΦ BAINITIC STEEL**  
*Baratashvili M.V. and Metreveli-Mandaria A.B.* 153

აბთვისებთან სიმსივნეთა მეტასტაზირების მე-2 ტაობის  
ინჰიბიტორები – კორონავირუსით დაავადებულთა მკურნალობაში  
*ჩიგოვიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წიგწივაძე ე.პ., ჩიგოვიძე ე.ნ., წიგწივაძე თ.ი.* 155

**IMPACT OF OAK BARREL AND ITS ALTERNATIVES ON SENSORY  
CHARACTERS AND PHENOLIC COMPOUNDS OF QVEVRI WINE**  
*Grigalashvili Z.A. and Khomasuridze M.B.* 159

ღვინოებში ზოგიერთ არარობანულ და ორბანულ მჟავათა  
ანონების დაყოფა, იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით  
*შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ.* 167

ინოვაციური ტექნოლოგიის უმეუშავებით მწვანე კაკლის  
ნარჩენიდან საღმურტო ლიქიორის დამზადება  
*მამარლაშვილი ნ.გ., აბაშიძე ს.ბ., ქურდიე მ.გ.* 169

მცენარეთა ნერგების გამოსაყვანი მრავალჯერადი კონტეინერი  
*გოცირიძე რ.ი., ლომიძე ნ.თ.* 172

მრავალჯერადი გამოყენების ქოთან-კონტეინერი „ჩელენჯერ-მინი“  
*გოცირიძე რ.ი.* 175

**РОЛЬ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ТОКСИНОВ ГРИБОВ В ПАТОГЕНЕЗЕ**  
*Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М., Чачхиани Н.Р.* 177

**ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ РАСТЕНИЙ,  
ВЫЗВАННЫХ ПАТОГЕНАМИ**  
*Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М.* 181

საქართველოს ტორფიში ჰუმინის მჟავების შემცველობა  
*სუხიშვილი ნ.ზ.* 184



ჩვეულებრივი წაბლის ( <i>Castanea sativa</i> ) ნაყოფების ბიომეტრიული პარამეტრების დიფერენცირება საქართველოს ზოგიერთი რეგიონისათვის <i>ბერეჩიკიძე გ.ბ.</i>	187
შსტას ( <i>Pistacia vera L.</i> ) ბანვითარების პერსპექტივები საქართველოში <i>ძლიერიშვილი ჯ.ფ., ლომიძე ნ.თ.</i>	191
შსტას ( <i>Pistacia vera L.</i> ) საწარმოო ბაღის გაშენების თავისებურებების შესახებ <i>ძლიერიშვილი ჯ.ფ.</i>	194
რძის შრატის დემინერალიზაციის ოპტიმალური კინეტიკური და ენერგეტიკული პარამეტრების ექსპერიმენტული განსაზღვრა <i>რუხაძე შ.შ., ტოღმაჩევი ლ.ი., ღვინეფაძე ა.შ., აფრიდონიძე მ.დ., ნურმუხამედოვი ა.მ.</i>	197
ვირის რძის შედგენილობა და თვისებები <i>ცინცაძე მ.ა., ოსიაშვილი ნ.ბ.</i>	203
ადაპტირებული ზაანენის და ალკური თხების მოვლა-შენახვის არსებული პირობების და შენობა ნაბეობების შეფასება <i>ჟღენტე თ.გ.</i>	206
ინდაურის ხორცის უსაფრთხოების მაჩვენებლების განსაზღვრა <i>ფხაკაძე მ.დ., თავდიდიშვილი დ.რ., ლაჭავაძე ნ.ნ.</i>	209
<i>ბურამ ტყემალაძე – 80</i>	211

**ПРИБЛИЖЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПЛОСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
ТЕРМОДИФУЗИИ**

Бежуашвили Ю.А., Качахидзе Н.Д.

Грузинский технический университет

Основная система (нестационарная) дифференциальных уравнений сопряженной теории термодиффузии имеет вид [2]

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

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

где

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

$$B_{jk} = -\gamma_{j-2} \frac{\partial^2}{\partial t \partial x_k}, \quad B_{kj} = -\gamma_{j-2} \frac{\partial}{\partial x_k}, \quad k = 1, 2, \quad j = 3, 4,$$

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

$U = (u; u_3, u_4), u = (u_1, u_2)$  – вектор смещения,  $u_3$  – изменение температуры,  $u_4$  – «химический» потенциал среды,  $Q(x,t)$  – заданный вектор,  $x = (x_1, x_2)$  – точка евклидова пространства  $R^2$ ,  $t$  – время,  $\Delta$  – двумерный оператор Лапласа,  $\delta_{jk}$  – символ Кронекера,  $\lambda, \mu, \rho, \gamma_1, \gamma_2, a_1, a_2, a_{12}, \delta_1, \delta_2$  – известные упругие постоянные [1,2].

Пусть  $D_k \subset R^2$  – конечная область ограниченная кривой  $S_k$  (кривизна кривой  $S_k$  непрерывна в смысле Гельдера); причем  $S_k \cap S_j = \emptyset, k, j = \overline{0, m}$ ;  $S_0$  – охватывает все остальные, а эти последние не охватывают друг друга;  $\overline{D}_k = D_k \cup S_k, S = \bigcup_{k=0}^m S_k, D = D_0 \setminus \bigcup_{k=1}^m \overline{D}_k, \Pi_\infty = \{(x,t): x \in D, t \in [0, \infty)\}$  – бесконечный цилиндр,  $S_\infty = \{(x,t): x \in S, t \in [0, \infty)\}$  – боковая поверхность.

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

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

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

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

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

Здесь  $n = (n_1, n_2)$  - орт внешней нормали в точке  $y \in S$ ,  $RU = \left( HU, \frac{\partial u_3}{\partial n}, \frac{\partial u_4}{\partial n} \right)$ ,

$HU = Tu - \gamma_1 n u_3 - \gamma_2 n u_4$ ,  $Tu$  - вектор упругих напряжений [1],

$$PU = (HU, u_3, u_4); \quad QU = \left( u, \frac{\partial u_3}{\partial n}, \frac{\partial u_4}{\partial n} \right).$$

В работе [3] для задачи I доказываются теоремы существования и единственности регулярных решений.

По схеме указанной в [2] построим приближенное решение для задачи I.

Рассмотрим интеграл

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

где  $U(x, t)$  решение задачи I. Пусть  $\tau = \sigma + i\omega$  - комплексная переменная в полуплоскости  $\pi_{\sigma_0} = \{ \tau : \text{Re } \tau \geq \sigma_0' > \sigma_0 \}$ .

где  $\sigma_0' = \max \{ \sigma_0, \sigma_\varepsilon \}$ ,  $\sigma_\varepsilon = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho \mathfrak{N}} (1 - \varepsilon)$ ,  $0 < \varepsilon \ll 1$  [2].

Если  $U(x, t)$  - оригинал а  $\hat{U}(x, \tau)$  - его изображение, то в каждой точке  $t$ , в которой  $U(x, t)$  дифференцируема, справедливо обращение

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

Ясно, что  $\hat{U}(x, \tau)$  есть решение граничной задачи

$$\forall x \in D : B \left( \frac{\partial}{\partial x}, \tau \right) \hat{U}(x, \tau) = \hat{Q}(x, \tau),$$

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

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

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

$$\left[ Q \left( \frac{\partial}{\partial y}, n \right) \hat{U}(y, \tau) \right]^+ = \hat{F}_{(y,\tau)}^{(k)}, \quad y \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k. \tag{2}$$

Введем матрицу

$$M(y-x, i\tau) = \left\| M^1, M^2, M^3, M^4 \right\|_{4 \times 4}$$

определенную следующим образом

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma(y-x, i\tau), \quad y \in \bigcup_{k=0}^{m_1} S_k, \\ R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Gamma(y-x, i\tau), \quad y \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k, \\ P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Gamma(y-x, i\tau), \quad y \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k, \\ Q\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Gamma(y-x, i\tau), \quad y \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k \end{array} \right.,$$

Здесь  $\Gamma(y-x, i\tau)$  матрица фундаментальных решений оператора  $B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right)$  [2].

**Теорема.** Счетная совокупность векторов

$$\left\{ M^j(y-x^k, i\tau) \right\}_{k=1}^{\infty}, \quad j=1,2,3,4 \quad (3)$$

линейно независима и полна в пространстве  $L_2(S)$ . Доказательство этой теоремы здесь опускаем [2].

Перенумеруем совокупность векторов (3) следующим образом

$$\Psi^k(y, \tau) = M^{l_k} \left( y - x^{\left[ \frac{k+3}{4} \right]}, i\tau \right), \quad k=1,2,\dots, \quad (4)$$

где  $l_k = k - 4 \left[ \frac{k-1}{4} \right]$ ,  $[k]$  - означает наибольшую целую часть числа  $k$ .

Пусть  $\left\{ \varphi^k(y, \tau) \right\}_{k=1}^{\infty}$  - система полученная из (4) ортонормированием на  $S$ , т.е.

$$\varphi^k(y, \tau) = \sum_{j=1}^k a_k^j \psi^j(y, \tau), \quad y \in S, \quad k=1,2,\dots$$

Ясно, что

$$\hat{V}(x, \tau) = \hat{U}(x, \tau) + \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) dy$$

будет решением задачи

$$\begin{aligned}
 & B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right) \hat{V}(x, \tau) = 0, \\
 & \hat{V}^+(z, \tau) = g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=0}^{m_1} S_k, \\
 & \left[ R\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}(z, \tau) \right]^+ = g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k, \\
 & \left[ P\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}(z, \tau) \right]^+ = g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k, \\
 & \left[ Q\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}(z, \tau) \right]^+ = g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Пусть  $g(z, \tau) = g^{(k)}(z, \tau)$ ,  $k = \overline{0, m}$ . Очевидно в наших предположениях  $g(z, \tau) \in L_2(S)$  и  $g(z, \tau) \approx \sum_{k=1}^{\infty} g_k \varphi^k(z, \tau)$ ,  $g_k = \int_S g(y, \tau) \varphi^k(y) ds$ .

Решение задачи (5) можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 2\hat{V}(x, \tau) = & \sum_{k=0}^{m_1} \int_{S_k} \left[ R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* g(y, \tau) ds + \sum_{k=m_1+1}^{m_2} \int_{S_k} G(x, y) g(y, \tau) ds + \\
 & + \sum_{k=m_2+1}^{m_3} \int_{S_k} \left[ P\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* g(y, \tau) ds + \sum_{k=m_3+1}^m \int_{S_k} \left[ Q\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y) \right]^* g(y, \tau) ds
 \end{aligned}$$

где  $G(x, y, D, i\tau)$  - тензор Грина задачи (5), \* - указывает на операцию транспортирования.

Рассмотрим вектор

$$\hat{V}^{(N)}(x, \tau) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^k g_k a_k^{ij} \Gamma \left( x - x^{\left[ \frac{j+3}{4} \right]}, i\tau \right), \quad x \in D$$

Легко видеть, что  $\hat{V}^{(N)}(x, \tau)$  решает задачу

$$\begin{aligned}
 & B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right) \hat{V}^{(N)}(x, \tau) = 0, \quad x \in D \\
 & \left[ \hat{V}^{(N)}(x, \tau) \right]^+ = g^{(N)}(z, \tau), \quad z \in \bigcup_{k=0}^{m_1} S_k, \\
 & \left[ R\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}^{(N)}(x, \tau) \right]^+ = g^{(N)}(z, \tau), \quad z \in \bigcup_{k=m_1+1}^{m_2} S_k, \\
 & \left[ P\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}^{(N)}(x, \tau) \right]^+ = g^{(N)}(z, \tau), \quad z \in \bigcup_{k=m_2+1}^{m_3} S_k, \\
 & \left[ Q\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}^{(N)}(x, \tau) \right]^+ = g^{(N)}(z, \tau), \quad z \in \bigcup_{k=m_3+1}^m S_k.
 \end{aligned}$$

где  $g^{(N)}(z, \tau) = \sum_{k=1}^N g_k \varphi^k(z, \tau)$ ,  $z \in S$ .

Решение этой задачи можно представить в виде

$$2\hat{V}^{(N)}(x, \tau) = \sum_{k=0}^{m_1} \int_{S_k} \left[ R \left( \frac{\partial}{\partial y}, n \right) G^*(x, y, D, i\tau) \right] g^{(N)}(y, \tau) ds + \sum_{k=m_1+1}^{m_2} \int_{S_k} G(x, y, D, i\tau) g^{(N)}(y, \tau) ds + \\ + \sum_{k=m_2+1}^{m_3} \int_{S_k} \left[ P \left( \frac{\partial}{\partial y}, n \right) G^*(x, y) \right] g^{(N)}(y, \tau) ds + \sum_{k=m_3+1}^m \int_{S_k} \left[ Q \left( \frac{\partial}{\partial y}, n \right) G^*(x, y) \right] g^{(N)}(y, \tau) ds.$$

Пусть  $D'$  - любая область, расположенная строго внутри  $D$ .

Составляя разность  $\hat{V}(x, \tau) - \hat{V}^{(N)}(x, \tau)$ , учитывая свойства тензора Грина и неравенство Коши-Буняковского, получаем

$$\hat{V}(x, \tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \hat{V}^{(N)}(x, \tau), \quad x \in \overline{D'} \subset\subset D$$

или

$$\hat{U}(x, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} g_k \sum_{j=1}^k a_k^j \Gamma^{lj} \left( x - x^{\left[ \frac{j+3}{4} \right]}, i\tau \right) - \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) dy. \quad (6)$$

Ряд (6) равномерно сходится во всякой в замкнутой области лежащей внутри  $D$ . Если выражение (6) подставим в (1), то получим решение задачи I, а вектор

$$U^{(N)}(x, \tau) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{\pi} \left[ \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^k g_k a_k^j \Gamma^{lj} \left( x - x^{\left[ \frac{j+3}{4} \right]}, i\tau \right) \right] d\tau - \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) d\tau$$

дает приближенное решение этой задачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Купрадзе В.Д., Гегелиа Т.Г., Башелейшвили М.О., Бурчуладзе Т.В. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. –Москва, Наука, 1976, 658 с.
2. Бурчуладзе Т.В., Гегелиа Т.Г. Развитие метода потенциала в теории упругости. -Тбилиси, Мецниереба, 1985, 226 с.
3. Бежуашвили Ю.А., Качахидзе Н.Д. О разрешимости плоской динамической задачи термодиффузии. //Georgian Engineering News, #1, vol.89), 2019, сс. 21-24.

#### SUMMARY

#### APPROXIMATE SOLUTION OF PLANE DYNAMIC PROBLEMS OF THERMAL DIFFUSION

Bezhushvili Yu.A. and Kachakhidze N.D.

Georgian Technical University

In presented paper the plane dynamic problem with mixed boundary conditions are investigated for the system of non-stationary equations for conjugate theory of thermal diffusion is investigated. By the method of Fourier generalized series the construction of approximate solution is given.

**Keywords:** theory of thermal diffusion, dynamic, generalized series of Fourier, approximate, plane problems.

პირამიდის მიმართ წერტილის მდებარეობის დადგენა

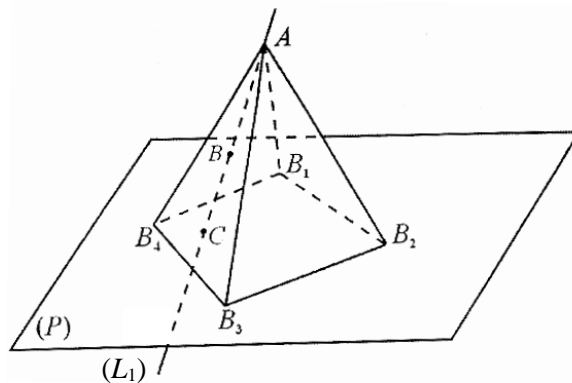
ტაკაშვილი ვ.რ., მასპინძელაშვილი ბ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**ზოგადი ამოცანა.** 1. პირამიდის წვეროა  $A(x_0; y_0; z_0)$  წერტილი, ფუძის წვეროებია წერტილები:  $B_1(x_1; y_1; z_1), B_2(x_2; y_2; z_2), \dots, B_n(x_n; y_n; z_n)$ .

დავადგინოთ, თუ რა პირობები უნდა შესრულდეს იმისათვის, რომ  $B(x_0^1; y_0^1; z_0^1)$  წერტილი მდებარეობდეს პირამიდის არეში.

**ამოხსნა.** განვიხილოთ პირამიდა  $AB_1B_2B_3B_4$  (ნახ. 1).



ნახ.1. B წერტილის მდებარეობის დადგენა პირამიდის მიმართ

შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის პირამიდის A წვეროზე და B წერტილზე,  $\frac{x-x_0}{x_0^1-x_0} = \frac{y-y_0}{y_0^1-y_0} = \frac{z-z_0}{z_0^1-z_0}$  ( $L_1$ ). ასევე შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც პირამიდის  $B_1B_2B_3B_4$  ფუძე მდებარეობს. ცხადია, რომ მისი ნორმალური ვექტორი იქნება  $\vec{B_1B_2} \times \vec{B_1B_4} = A_1\vec{i} + B_1\vec{j} + C_1\vec{k}$ . ვთქვათ ამ სიბრტყის განტოლებაა  $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0$  ( $P$ ) რომლის გადაკვეთის წერტილი ( $L_1$ ) წრფესთან იქნება

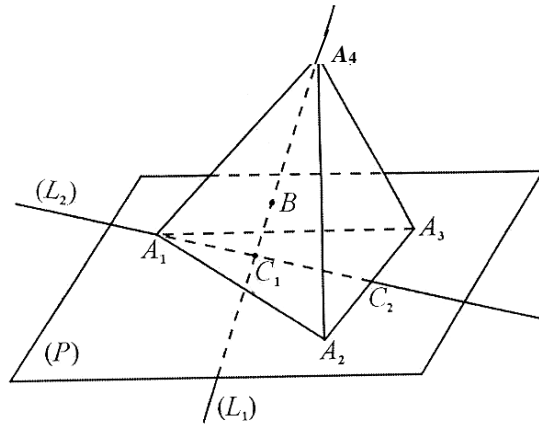
$$\begin{cases} \frac{x-x_0}{x_0^1-x_0} = \frac{y-y_0}{y_0^1-y_0} = \frac{z-z_0}{z_0^1-z_0}, \\ A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0 \end{cases}, \text{ სისტემის ამონახსნი: } x_0'', y_0'', z_0''.$$

დავადგენთ  $C(x_0''; y_0''; z_0'')$  წერტილი პირამიდის ფუძეზე მდებარეობს თუ მის გარეთ [2].

B წერტილი რომ მდებარეობდეს პირამიდის არეში აუცილებელია: 1. C წერტილი ეკუთვნოდეს ფუძეს, 2. შესრულდეს ტოლობა  $|AC| = |AB| + |BC|$ . თუ ეს პირობები არ სრულდება, B წერტილი პირამიდის გარეთ იქნება.

**ამოცანა.** პირამიდის წვეროებია წერტილები:  $A_1(-2; -2; 3), A_2(1; 1; 0), A_3(-1; 1; 4), A_4\left(\frac{1}{3}; \frac{-1}{2}; \frac{17}{6}\right)$ .

დავადგინოთ  $B\left(\frac{-1}{6}; \frac{-1}{4}; \frac{31}{12}\right)$  წერტილი პირამიდის არეში მდებარეობს თუ მის გარეთ.  
**ამოხსნა.**



ნახ. 2. დადგენილია B წერტილის მდებარეობა

შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის B წერტილზე და პირამიდის რომელიმე წვეროზე. ვთქვათ  $A_4$ -ზე, 
$$\frac{x + \frac{1}{6}}{\frac{1}{2}} = \frac{y + \frac{1}{4}}{-\frac{1}{4}} = \frac{z - \frac{31}{12}}{\frac{1}{4}} \quad (L_1) \quad (\text{ნახ. 2}).$$
 ასევე

შევადგინოთ იმ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც პირამიდის  $A_1A_2A_3$  წახნაგი მდებარეობს. ამ სიბრტყის ნორმალური ვექტორია  $\overrightarrow{A_1A_2} \times \overrightarrow{A_1A_3}$ , ე.ი.  $\overrightarrow{A_1A_2} = (3; 3; -3)$ ,

$$\overrightarrow{A_1A_3} = (1; 3; 1), \quad \overrightarrow{A_1A_2} \times \overrightarrow{A_1A_3} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 3 & 3 & -3 \\ 1 & 3 & 1 \end{vmatrix} = 12\vec{i} - 6\vec{j} + 6\vec{k}, \quad \text{ხოლო განტოლება იქნება}$$

$12(x + 2) - 6(y + 2) + 6(z - 3) = 0, \quad 2x - y + z - 1 = 0 (P).$   $(L_1)$  წრფისა და  $(P)$  სიბრტყის გადაკვეთის წერტილი არის

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2}t - \frac{1}{6}, y = \frac{-1}{4}t - \frac{1}{4}, z = \frac{1}{4}t + \frac{31}{12}, \\ 2x - y + z - 1 = 0. \end{cases} \quad \text{სისტემის ამონახსნი} \quad t = -1, x = \frac{-2}{3}, y = 0, z = \frac{7}{3}.$$

შევამოწმოთ,  $C_1\left(\frac{-2}{3}; 0; \frac{7}{3}\right)$  წერტილი მდებარეობს თუ არა  $A_1A_2A_3$  წახნაგზე. შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის  $C_1$  წერტილზე და ამ წახნაგის რომელიმე წვეროზე, ვთქვათ  $A_1$ -ზე, 
$$\frac{x + \frac{2}{3}}{-\frac{1}{3}} = \frac{y}{-2} = \frac{z - \frac{7}{3}}{\frac{2}{3}} \quad (L_2).$$
 ვიპოვოთ  $(L_2)$  წრფის გადაკვეთის წერტილი  $A_2$  და  $A_3$  წერტილებზე გამავალ წრფესთან, რომლის



განტოლებათა  $\frac{x-1}{-2} = \frac{y-1}{0} = \frac{z}{4}$ , ხოლო  $\begin{cases} x = \frac{-4}{3}t - \frac{2}{3}, & y = -2t, & z = \frac{2}{3}t + \frac{7}{3}, \\ \frac{x-1}{-2} = \frac{y-1}{0} = \frac{z}{4}, \end{cases}$  სისტემის

ამონახსნია:  $t = \frac{-1}{2}$ ,  $x = 0$ ,  $y = 1$ ,  $z = 2$ .  $C_2(0; 1; 2)$  წერტილი რომ ეკუთვნოდეს  $A_2 A_3$

მონაკვეთს, მაშინ  $|A_2 A_3| = |A_2 C_2| + |C_2 A_3|$ ;  $|A_2 A_3| = 2\sqrt{5}$ ,  $|A_2 C_2| = \sqrt{5}$ ,  $|C_2 A_3| = \sqrt{5}$ ;

მაშასადამე,  $C_2$  წერტილი ეკუთვნის  $A_2 A_3$  მონაკვეთს.  $|A_1 C_2| = \sqrt{14}$ ,  $|A_1 C_1| = \frac{2}{3}\sqrt{14}$ ,

$|C_1 C_2| = \frac{\sqrt{14}}{3}$ ; ე.ი.  $|A_1 C_2| = |A_1 C_1| + |C_1 C_2|$ , ამიტომ  $C_1$  წერტილი მდებარეობს  $A_1 A_2 A_3$

წახნაგზე. რადგანაც  $|A_4 C_1| = \frac{\sqrt{6}}{2}$ ,  $|BC_1| = \frac{\sqrt{6}}{4}$ ,  $|BA_4| = \frac{\sqrt{6}}{4}$ , ხოლო

$|A_4 C_1| = |BC_1| + |BA_4|$ , ამიტომ  $B$  წერტილი პირამიდის არეში მდებარეობს.

#### ლიტერატურა

1. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии. -М., Наука, 1968, 430 с.
2. მასპინძელაშვილი ბ., ქადარია ი. სივრცეში მოცემული ამოზნექილი მრავალკუთხედის მიმართ წერტილის მდებარეობის დადგენა, თუ წერტილი და მრავალკუთხედი ერთ სიბრტყეზე მდებარეობს. //მშენებლობა, № 3 (42), თბილისი, 2016.

#### SUMMARY

#### DEFINITION OF A POINT POSITION WITH RESPECT OF CONVEX POLYHEDRON (PYRAMID)

Takashvili V.R. and Maspindzelashvili B.I.

Georgian Technical University

If the coordinates of the vertices of the pyramid are known and a point is specified, a method has been constructed that makes possible to determine whether this point is in the area of the pyramid.

**Keywords:** point, straight line, plane, vector.

სიბრტყის განტოლების შედგენა, რომელიც ორი სიბრტყის მიერ შემზღილ რომელიმე ვერტიკალურ ორწახნაბა კუთხეებს ჟოფს რაიმე ვარდობით რომელიმე სიბრტყის მხრიდან

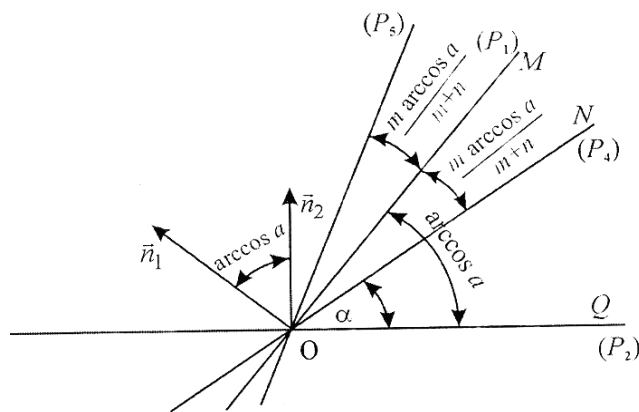
მასპინძელაშვილი ბ.ი., ტაკაშვილი ვ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზოგადი ამოცანა. მოცემულია ორი გადამკვეთი სიბრტყე

$$A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0 \quad (P_1), \quad A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0 \quad (P_2).$$

შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება, რომელიც გადის მახვილ ან ბლაგვ ვერტიკალურ ორწახნაბა კუთხეებში და ამ კუთხეებს რომელიმე სიბრტყის მხრიდან ჟოფს შეფარდებით  $m:n$  (ნახ. 1)



ნახ. 1. საძებნი სიბრტყის განტოლების შედგენა

ამოხსნა. ვთქვათ უნდა შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება, რომელიც გადის მახვილ ორწახნაბა ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეს  $(P_1)$  სიბრტყის მხრიდან ჟოფს შეფარდებით  $m:n$ ; ვისარგებლოთ სიბრტყეთა კონის განტოლებით, ე.ი. სიბრტყე ვექტებით სახით  $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 + \lambda(A_2x + B_2y + C_2z + D_2) = 0$ , აქედან მივიღებთ  $(A_1 + \lambda A_2)x + (B_1 + \lambda B_2)y + (C_1 + \lambda C_2)z + D_1 + \lambda D_2 = 0 \quad (P_3)$ , სადაც  $\lambda$  უცნობი ნამდვილი რიცხვია.

ვიპოვოთ  $(P_1)$  და  $(P_2)$  სიბრტყეთა ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი; ვთქვათ  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = a$  და კუთხე არის მახვილი, ე.ი.  $0 < a < 1$ , ხოლო  $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \arccos a$ .

რადგანაც  $\frac{\angle MON}{\angle NOQ} = \frac{m}{n}$  და  $\angle MON + \angle NOQ = \arccos a$ , აქედან საძებნი  $(P_3)$

სიბრტყესა და  $(P_1)$  სიბრტყეს შორის  $\angle MON = \frac{m \arccos a}{m+n}$ , ხოლო მათ ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი, ე.ი.

$$\cos\left(\frac{m \arccos a}{m+n}\right) = \frac{A_1(A_1 + \lambda A_2) + B_1(B_1 + \lambda B_2) + C_1(C_1 + \lambda C_2)}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{(A_1 + \lambda A_2)^2 + (B_1 + \lambda B_2)^2 + (C_1 + \lambda C_2)^2}}. \quad (1)$$

(1) განტოლებიდან მივიღებთ  $\lambda_1$  და  $\lambda_2$  მნიშვნელობებს, რომლებსთვისაც ( $P_3$ ) განტოლებიდან გვექნება სიბრტყეთა განტოლებები:

$$(A_1 + \lambda_1 A_2)x + (B_1 + \lambda_1 B_2)y + (C_1 + \lambda_1 C_2)z + D_1 + \lambda_1 D_2 = 0 \quad (P_4),$$

$$(A_1 + \lambda_2 A_2)x + (B_1 + \lambda_2 B_2)y + (C_1 + \lambda_2 C_2)z + D_1 + \lambda_2 D_2 = 0 \quad (P_5).$$

ეს სიბრტყეები ( $P_1$ ) სიბრტყესთან ადგენენ  $\frac{\arccos a}{m+n}$ -ის ტოლ კუთხეებს, რომელთაგან ერთი გაივლის მახვილ ვერტიკალურ ორწახანა კუთხეებში, მეორე კი ბლაგვში. რომ დავადგინოთ, ( $P_4$ ) თუ ( $P_5$ ) სიბრტყე გაივლის მახვილ ვერტიკალურ ორწახანა კუთხეებში, გამოვითვლით  $\frac{\arccos a}{m+n}$ , შემდეგ ვიპოვით კუთხეს ან ( $P_4$ ) და ( $P_2$ ), ან ( $P_5$ ) და ( $P_2$ ) სიბრტყეთა შორის; მაგალითად, ( $P_4$ ) იქნება საძებნი სიბრტყე, თუ  $\frac{\arccos a}{m+n} + \alpha = \arccos a$ , სადაც  $\alpha$  არის კუთხე ( $P_4$ ) და ( $P_2$ ) სიბრტყეებს შორის.

თუ უნდა შევადგინოთ ბლაგვ ვერტიკალურ ორწახანა კუთხეებში გამავალი იმ სიბრტყის განტოლება, რომელიც ამ კუთხეებს ყოფს ( $P_1$ )-ის მხრიდან შეფარდებით  $m:n$  და  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = a, 0 < a < 1$ , მაშინ  $\arccos a$  შეიცვლება  $\pi - \arccos a$  გამოსახულებით როცა  $(P_1) \perp (P_2), \arccos a = \frac{\pi}{2}$ .

**ამოცანა.** მოცემულია ორი გადაკვეთი სიბრტყე  $x + y + z = 0$  ( $P_1$ ),  $-x + y + z + 1 = 0$  ( $P_2$ ).

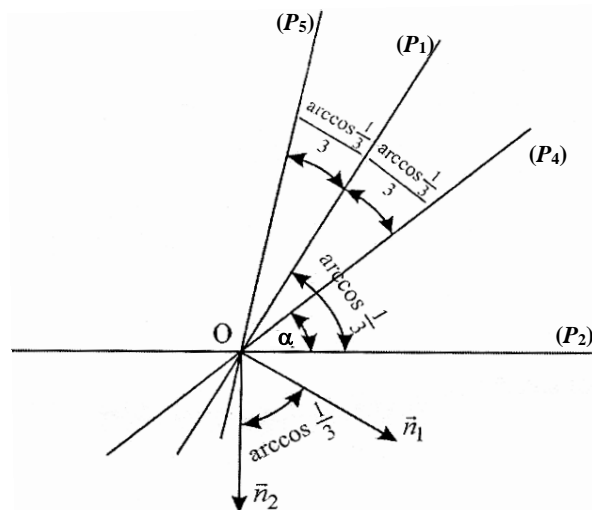
შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება, რომელიც ( $P_1$ ) სიბრტყის მხრიდან მახვილ ვერტიკალურ ორწახანა კუთხეებს ყოფს შეფარდებით 1:2.

**ამოხსნა.** სიბრტყე ვექტორით სახით

$$x + y + z + \lambda(-x + y + z + 1) = 0, (1 - \lambda)x + (1 + \lambda)y + (1 + \lambda)z + \lambda = 0 \quad (P_3) \text{ (ნახ.2)}$$

( $P_1$ ) და ( $P_2$ ) სიბრტყეების ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \frac{1}{3}$ , ე.ი.  $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = \arccos \frac{1}{3}$ , ამიტომ კუთხე საძებნ ( $P_3$ ) სიბრტყესა და ( $P_1$ )

$$\text{სიბრტყეს შორის იქნება } \frac{\arccos \frac{1}{3}}{3}, \text{ ე.ი. } \cos\left(\frac{\arccos \frac{1}{3}}{3}\right) = \frac{3 + \lambda}{\sqrt{3}\sqrt{3\lambda^2 + 2\lambda + 3}},$$



ნახ. 2. მოძებნილი სიბრტყე

$$\cos^2\left(\frac{\arccos\frac{1}{3}}{3}\right) = \frac{9+6\lambda+\lambda^2}{9\lambda^2+6\lambda+9}, \quad \frac{1+\cos\left(\frac{2\arccos\frac{1}{3}}{3}\right)}{2} = \frac{9+6\lambda+\lambda^2}{9\lambda^2+6\lambda+9}.$$

აღვნიშნოთ  $\alpha = \frac{2\arccos\frac{1}{3}}{3}$  და მივიღებთ

$$(7+9\cos\alpha)\lambda^2 + (6\cos\alpha-6)\lambda + 9\cos\alpha-9=0,$$

საიდანაც  $\lambda_1 = \frac{3-3\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha}{7+9\cos\alpha}, \lambda_2 = \frac{3-3\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha}{7+9\cos\alpha}.$

(P<sub>3</sub>)-დან  $\lambda_1$ -ის შესაბამისი სიბრტყის განტოლება იქნება

$$(4+12\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha)x + (10+6\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha)y + (10+6\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha)z + 3-3\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha=0, \quad (P_4)$$

ხოლო  $\lambda_2$ -ის შესაბამისი კი

$$(4+12\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha)x + (10+6\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha)y + (10+6\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha)z + 3-3\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha=0, \quad (P_5)$$

სადაც  $\alpha = \frac{2\arccos\frac{1}{3}}{3}.$

დავადგინოთ (P<sub>4</sub>) არის თუ (P<sub>5</sub>) საძებნი სიბრტყე. წინასწარ გამოვთვალოთ (P<sub>4</sub>)

სიბრტყის ნორმალის კოორდინატები; ე.ი. თუ  $\alpha = \frac{2\arccos\frac{1}{3}}{3} \approx 47^\circ, \sin\alpha = 0,7316;$

$\cos\alpha = 0,6818;$  მაშინ  $4+12\cos\alpha-6\sqrt{2}\sin\alpha \approx 5,9734; 10+6\cos\alpha+6\sqrt{2}\sin\alpha \approx 20,298.$

კუთხე (P<sub>4</sub>) და (P<sub>1</sub>) სიბრტყეებს შორის არის  $\frac{\arccos\frac{1}{3}}{3} \approx 23^\circ 30'$ , ხოლო კუთხე (P<sub>4</sub>) და

(P<sub>2</sub>) სიბრტყეებს შორის იქნება  $\cos\alpha \approx 0,68162951, \alpha \approx 47^\circ.$  რადგანაც  $\frac{\arccos\frac{1}{3}}{3} +$

$\alpha \approx 70^\circ 30' \approx \arccos\frac{1}{3} = (\vec{n}_1, \vec{n}_2),$  ამიტომ (P<sub>4</sub>) არის საძებნი სიბრტყე.

**ლიტერატურა**

1. Постников М.М. Аналитическая геометрия. -М., Наука, 1973, 310 с.

**SUMMARY**

**GENERATION OF AN EQUATION OF A PLANE THAT DIVIDES ANY OF THE VERTICAL DIHEDRAL ANGLES CREATED BY TWO PLANES IN ANY RATIO FROM SIDE OF ANY PLANE**

**Maspindzelashvili B.I. and Takashvili V.R.**

**Georgian Technical University**

If two equations of a plane are given, a method has been constructed that makes possible to generate an equation of the plane that divides any of the vertical dihedral angles created by these planes in any ratio from the side of any plane.

**Keywords:** plane, dihedral angle, normal vector, plane equation, shear of plane equation.

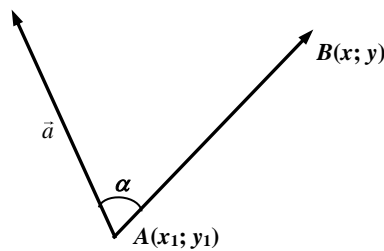
წერტილის გადაადგილება მოცემული ვექტორის მიმართ ნებისმიერი კუთხით

ქადარია ი.რ., მასპინძელაშვილი ბ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**ზოგადი ამოცანა.** მოცემულია  $A(x_1; y_1)$  წერტილი და  $\vec{a} = (x_2; y_2)$  ვექტორი. ვიპოვოთ  $A(x_1; y_1)$  წერტილის სახე, თუ ის გადაადგილდება  $\vec{a} = (x_2; y_2)$  ვექტორის სიგრძის ტოლი მანძილით და გადაადგილების ვექტორი  $\vec{a}$ -თან ადგენს  $\alpha$ -ს ტოლ კუთხეს.

**ამოხსნა.** ვთქვათ,  $A(x_1; y_1)$  წერტილის სახეა  $B(x; y)$  წერტილი. ვიპოვოთ ეს წერტილი (ნახ. 1).

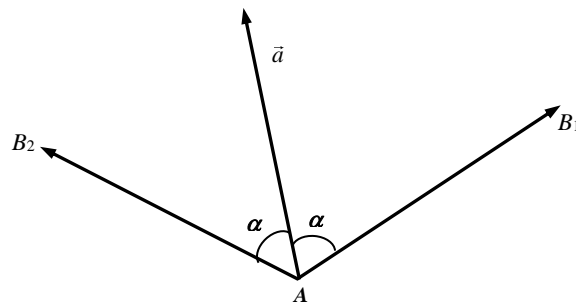


ნახ. 1. A წერტილის მოსაძებნი სახე

$\vec{AB} = (x - x_1; y - y_1)$ ,  $|\vec{AB}| = |\vec{a}| = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$ , ე.ი.  $\sqrt{x_2^2 + y_2^2} = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}$ ; ხოლო  $(\vec{a}, \vec{AB}) = \alpha$ , ამიტომ  $\cos \alpha = \frac{x_2(x - x_1) + y_2(y - y_1)}{|\vec{a}| \cdot |\vec{a}|}$ ; განტოლებათა სისტემას ექნება სახე

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = x_2^2 + y_2^2, \\ x_2(x - x_1) + y_2(y - y_1) = |\vec{a}|^2 \cos \alpha; \end{cases}$$

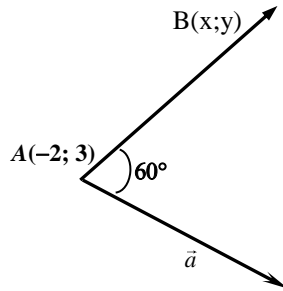
საიდანაც ვიპოვოთ  $x$  და  $y$ -ის ორ მნიშვნელობას:  $x'$ ,  $y'$ ;  $x''$ ,  $y''$ ; ე.ი.  $B(x; y)$  წერტილის სახეა  $B_1(x'; y')$  და  $B_2(x''; y'')$  წერტილები. შემოწმებისათვის განვიხილავთ  $\vec{AB}_1$  და  $\vec{AB}_2$  ვექტორებს და დავრწმუნდებით, რომ  $|\vec{a}| = |\vec{AB}_1| = |\vec{AB}_2|$ ,  $(\vec{a}, \vec{AB}_1) = (\vec{a}, \vec{AB}_2) = \alpha$  (ნახ. 2).



ნახ. 2. A წერტილის მოძებნილი სახეები B1 და B2

**ამოცანა 1.**  $A(-2; 3)$  წერტილი გადაადგილება  $\vec{a}(2; -2)$  ვექტორის სიგრძის ტოლი მანძილით ისე, რომ გადაადგილების ვექტორი  $\vec{a}(2; -2)$  ვექტორთან ადგენს  $60^\circ$ -ის ტოლ კუთხეს. ვიპოვოთ  $A(-2; 3)$  წერტილის სახე ამ გადაადგილებისას

**ამოხსნა.** ვთქვათ,  $A(-2; 3)$  წერტილის სახეა  $B(x; y)$  წერტილი, ვიპოვოთ იგი (ნახ. 3).  $\vec{AB} = (x+2; y-3)$ ,  $|\vec{AB}| = |\vec{a}| = \sqrt{8}$ , ე.ი.  $\sqrt{8} = \sqrt{(x+2)^2 + (y-3)^2}$ , ხოლო  $\cos 60^\circ = \frac{2(x+2) - 2(y-3)}{\sqrt{8}\sqrt{8}}$ ;



ნახ. 3. A წერტილის მოსაძებნი სახე

განტოლებათა სისტემაა

$$\begin{cases} 8 = (x+2)^2 + (y-3)^2, \\ 2x+4-2y+6=4; \end{cases} \quad \begin{cases} x^2+4x+4+y^2-6y+9-8=0, \\ x-y=-3; \end{cases}$$

$$y = x+3, \quad x^2+4x+5+(x+3)^2-6(x+3)=0,$$

$$x^2+4x+5+x^2+6x+9-6x-18=0,$$

$$x^2+2x-2=0, \quad x = \frac{-2 \pm \sqrt{4+8}}{2} = \frac{-2 \pm 2\sqrt{3}}{2}; \quad x_1 = \frac{-2+2\sqrt{3}}{2} = -1+\sqrt{3}, \quad x_2 = -1-\sqrt{3};$$

$$y_1 = -1+\sqrt{3}+3 = 2+\sqrt{3}, \quad y_2 = -1-\sqrt{3}+3 = 2-\sqrt{3};$$

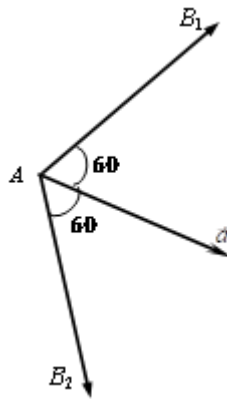
ე.ი.  $A(-2; 3)$  წერტილის სახეა  $B_1(-1+\sqrt{3}; 2+\sqrt{3})$  და  $B_2(-1-\sqrt{3}; 2-\sqrt{3})$  წერტილები. მართლაც:

$$\vec{AB}_1 = (1+\sqrt{3}; \sqrt{3}-1), \quad \vec{AB}_2 = (1-\sqrt{3}; -1-\sqrt{3}),$$

$$|\vec{a}| = |\vec{AB}_1| = |\vec{AB}_2| = \sqrt{(1-\sqrt{3})^2 + (-1-\sqrt{3})^2} = \sqrt{8},$$

$$\cos \left( \overset{\wedge}{\vec{a}, \vec{AB}_1} \right) = \frac{2+2\sqrt{3}-2\sqrt{3}+2}{\sqrt{8}\sqrt{1+3+2\sqrt{3}+3+1-2\sqrt{3}}} = \frac{4}{\sqrt{8}\sqrt{8}} = \frac{1}{2},$$

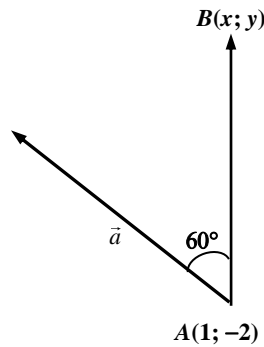
ე.ი.  $\left( \overset{\wedge}{\vec{a}, \vec{AB}_1} \right) = 60^\circ$  (ნახ. 4).



ნახ.4. A წერტილის მოძებნილი სახეები B<sub>1</sub> და B<sub>2</sub>

ამოცანა 2.  $2x - y - 4 = 0$  წრფის რაიმე A წერტილი გადაადგილება  $B(x; y)$  წერტილში ისე, რომ  $\overline{AB}$  ვექტორი  $\vec{a}(-1; 3)$  ვექტორთან ადგენს  $60^\circ$ -ის ტოლ კუთხეს და  $|\overline{AB}| = |\vec{a}|$ . მოცემული წრფე ამ გადაადგილებით რომელ წრფეზე აისახება?

ამოხსნა. განვიხილოთ წრფის რაიმე წერტილი, ვთქვათ  $A(1; -2)$ , რომლის სახეა  $B(x; y)$  (ნახ. 5).



ნახ.5. წრფის A წერტილის მოსაძებნი სახე

$\overline{AB} = (x-1; y+2)$ , ვიპოვოთ  $x$  და  $y$ .

$$|\overline{AB}| = |\vec{a}| = \sqrt{10} = \sqrt{(x-1)^2 + (y+2)^2}, \quad \cos 60^\circ = \frac{-(x-1) + 3(y+2)}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{10}}$$

განტოლებათა სისტემას ექნება სახე

$$\begin{cases} x^2 - 2x + 1 + y^2 + 4y + 4 = 10, \\ 5 = -x + 3y + 7. \end{cases} \quad \begin{cases} x^2 + y^2 - 2x + 4y - 5 = 0, \\ x - 3y - 2 = 0. \end{cases} \quad x = 2 + 3y,$$

$$(2+3y)^2 - 2(2+3y) + y^2 + 4y - 5 = 0,$$

$$4 + 12y + 9y^2 - 4 - 6y + y^2 + 4y - 5 = 0,$$

$$10y^2 + 10y - 5 = 0, \quad 2y^2 + 2y - 1 = 0,$$

$$y = \frac{-2 \pm \sqrt{4+8}}{4} = \frac{-2 \pm 2\sqrt{3}}{4} = \frac{-1 \pm \sqrt{3}}{2}; \quad y_1 = \frac{-1 + \sqrt{3}}{2}, \quad y_2 = \frac{-1 - \sqrt{3}}{2}.$$

$$x_1 = 2 + \frac{-3 + 3\sqrt{3}}{2} = \frac{1 + 3\sqrt{3}}{2}, \quad x_2 = 2 + \frac{-3 - 3\sqrt{3}}{2} = \frac{1 - 3\sqrt{3}}{2}.$$

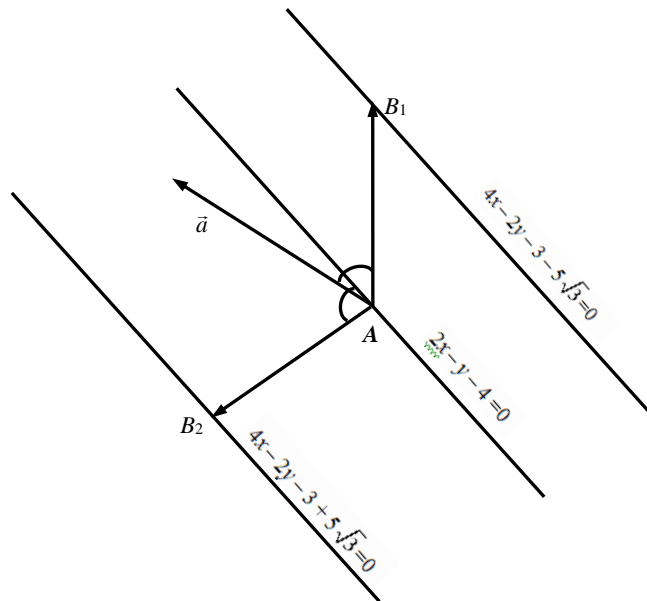
$$B_1\left(\frac{1+3\sqrt{3}}{2}; \frac{-1+\sqrt{3}}{2}\right), B_2\left(\frac{1-3\sqrt{3}}{2}; \frac{-1-\sqrt{3}}{2}\right).$$

$$\overrightarrow{AB_1} = \left(\frac{1+3\sqrt{3}}{2} - 1; \frac{-1+\sqrt{3}}{2} + 2\right) = \left(\frac{-1+3\sqrt{3}}{2}; \frac{3+\sqrt{3}}{2}\right),$$

$$\overrightarrow{AB_2} = \left(\frac{1-3\sqrt{3}}{2} - 1; \frac{-1-\sqrt{3}}{2} + 2\right) = \left(\frac{-1-3\sqrt{3}}{2}; \frac{3-\sqrt{3}}{2}\right).$$

მაშასადამე, მივიღებთ ორ წრფეს, რომლებიც მოცემული წრფის პარალელურნი არიან.

$2x - y - 4 = 0$ ,  $y = 2x - 4$ ,  $K = 2$ . ერთ წრფეს ექნება სახე  $y = 2x + b_1$ , რომელიც გადის  $B_1\left(\frac{1+3\sqrt{3}}{2}; \frac{-1+\sqrt{3}}{2}\right)$  წერტილზე,  $\frac{-1+\sqrt{3}}{2} = 2 \cdot \frac{1+3\sqrt{3}}{2} + b_1$ ,  $b_1 = \frac{-3-5\sqrt{3}}{2}$ ,  
 $y = 2x + \frac{-3-5\sqrt{3}}{2}$ ,  $4x - 2y - 3 - 5\sqrt{3} = 0$ . მეორე წრფე იქნება  $y = 2x + b_2$ , რომელიც გადის  $B_2\left(\frac{1-3\sqrt{3}}{2}; \frac{-1-\sqrt{3}}{2}\right)$  წერტილზე,  $\frac{-1-\sqrt{3}}{2} = 1 - 3\sqrt{3} + b_2$ ,  $b_2 = \frac{-3+5\sqrt{3}}{2}$ ,  
 $y = 2x + \frac{-3+5\sqrt{3}}{2}$ ,  $4x - 2y - 3 + 5\sqrt{3} = 0$ .



ნახ. 6. მოცემული წრფის მოძებნილი სახეები

#### ლიტერატურა

1. Дадаян А.А., Дударенко В.А. Алгебра и геометрия. -Минск, Вышэйшая школа, 1989, 288 с.
2. Бургов Я.С. и др. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. -М., Наука, 1980, 174 с.

#### SUMMARY

#### DISPLACEMENT OF POINT WITH RESPECT OF VECTOR UNDER ARBITRARY ANGLE

Kadaria Yu.R. and Maspindzelashvili B.I.

Georgian Technical University

If the point and vector are given, the kind of point is found, when is stated the displacement of point on distance equal to length of vector in such manner that vector of displacement makes the arbitrary angle with given vector.

**Keywords:** vector, point, coordinate, plane, transfer.



ორი სიბრტყის მიერ შეღებნილი ორწახნაბა ვერტიკალური კუთხეების იმ ორწახნაბა კუთხის საზოვანი კუთხის დაღბენა, რომელშიც მოცემული ვერტიკლი მდებარეობს

მასპინძელაშვილი ბ.ი., ქაღარია ი.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**ზოგადი ამოცანა.** მოცემულია ორი გადაკვეთი სიბრტყე  $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0$  ( $P_1$ ),  $A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0$  ( $P_2$ ) და ვერტიკლი  $A(x_0; y_0; z_0)$ .

დავადგინოთ ამ სიბრტყეთა მიერ შედგენილი ორწახნაბა ვერტიკალური კუთხეების იმ ორწახნაბა კუთხის საზოვანი კუთხე (ვექტორები, რომლებიც მას აღგენენ), რომელშიც  $A$  ვერტიკლი მდებარეობს.

**ამოხსნა.** ვიპოვოთ  $A$  ვერტიკლის გეგმილი სიბრტყეთა თანაკვეთის წრფეზე  $\begin{cases} A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0, \\ A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0. \end{cases}$  ( $L_1$ ) შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება, რომელიც გადის

$A$ -ზე ( $L_1$ ) წრფის მართობულად. მისი ნორმალური ვექტორია  $\vec{n}_1 \times \vec{n}_2 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \end{vmatrix} =$

$= A_3\vec{i} + B_3\vec{j} + C_3\vec{k}$ , ხოლო განტოლებაა  $A_3(x - x_0) + B_3(y - y_0) + C_3(z - z_0) = 0$ ,

$A_3x + B_3y + C_3z + D_3 = 0$ , რომლის გადაკვეთის ვერტიკლი ( $L_1$ ) წრფესთან იქნება

$\begin{cases} A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0, \\ A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0, \\ A_3x + B_3y + C_3z + D_3 = 0 \end{cases}$  სისტემის ამონახსნი:  $x'_0; y'_0; z'_0$ .  $O(x'_0; y'_0; z'_0)$  ვერტიკლი

არის  $A$ -ს გეგმილი ( $L_1$ ) წრფეზე.

ვიპოვოთ  $\vec{n}_1$  და  $\vec{n}_2$  ნორმალური ვექტორების ბოლოების კოორდინატები, რისთვისაც მათ სათავედ  $O$  ვერტიკლი ავიღოთ;  $\vec{n}_1$ -ის ბოლოს კოორდინატებია:  $x_1 = A_1 + x'_0$ ,  $y_1 = B_1 + y'_0$ ,  $z_1 = C_1 + z'_0$ .  $E_1(x_1; y_1; z_1)$ .  $\vec{n}_2$ -ის ბოლო კოორდინატებია:  $x_2 = A_2 + x'_0$ ,  $y_2 = B_2 + y'_0$ ,  $z_2 = C_2 + z'_0$ .  $E_2(x_2; y_2; z_2)$

$E_1$  და  $E_2$  ვერტიკლებზე გამავალი წრფის განტოლებაა  $\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}$  ( $L_2$ ). ვიპოვოთ ( $L_2$ ) წრფის გადაკვეთის ვერტიკლი ( $P_1$ ) და ( $P_2$ ) სიბრტყეებთან;

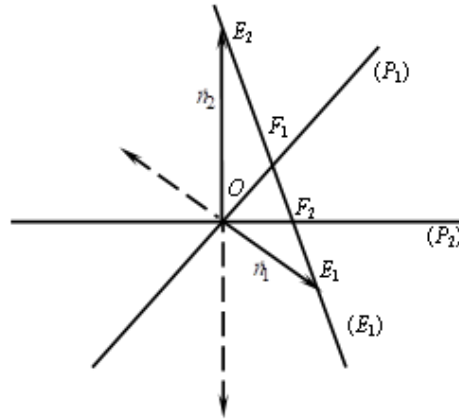
ვთქვათ,  $\begin{cases} \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}, \\ A_1x + B_1y + C_1x + D_1 = 0 \end{cases}$  სისტემის ამონახსნია:  $x'_1, y'_1, z'_1$ ,  $F_1(x'_1, y'_1, z'_1)$

არის ( $L_2$ ) წრფის გადაკვეთის ვერტიკლი ( $P_1$ ) სიბრტყესთან, ხოლო

$\begin{cases} \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}, \\ A_2x + B_2y + C_2x + D_2 = 0 \end{cases}$  სისტემისა კი:  $x'_2, y'_2, z'_2$ ,  $F_2(x'_2, y'_2, z'_2)$  არის ( $L_2$ ) წრფის

გადაკვეთის ვერტიკლი ( $P_2$ ) სიბრტყესთან.

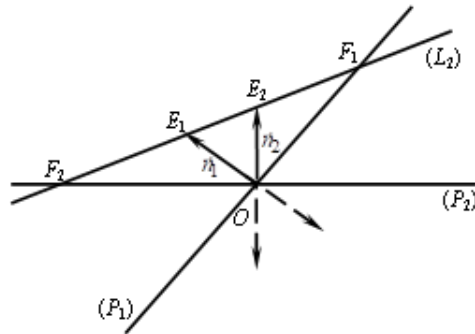
1. თუ  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) < 0$ , მაშინ  $(L_2)$  წრფე გადაკვეთს მახვილი ვერტიკალური საზოგადო კუთხეების რომელიმე კუთხის გვერდებს (ნახ. 1).



ნახ. 1.

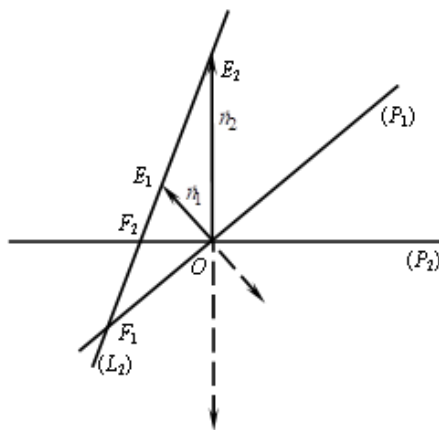
2. თუ  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) > 0$   $(L_2)$  წრფემ  $\vec{n}_1$  და  $\vec{n}_2$  ვექტორების სიგრძეებიდან გამომდინარე შეიძლება გადაიკვეთოს:

ა) ბლაგვი ვერტიკალური საზოგადო კუთხეების რომელიმე კუთხის გვერდები (ნახ.2).



ნახ. 2.

ბ) მახვილი ვერტიკალური საზოგადო კუთხეების რომელიმე კუთხის გვერდები (ნახ.3).



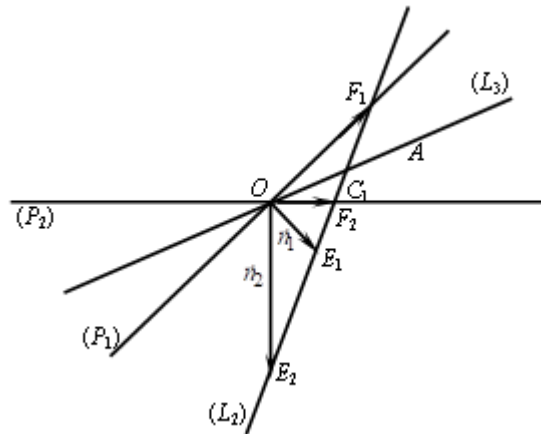
ნახ. 3.

განვიხილოთ ვექტორები  $\overrightarrow{OF_1}$  და  $\overrightarrow{OF_2}$ . ვთქვათ,  $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_1) > 0$ , ხოლო  $\cos(\overrightarrow{OF_1}, \overrightarrow{OF_2}) > 0$  და  $(L_2)$  წრფე კვეთს რომელიმე მახვილი საზოგადო კუთხის გვერდებს.

$O$  და  $A$  წერტილებზე გამავალი წრფის განტოლებაა  $\frac{x-x_0}{x'_0-x_0} = \frac{y-y_0}{y'_0-y_0} = \frac{z-z_0}{z'_0-z_0}$  ( $L_3$ ), რომლის გადაკვეთის წერტილი  $(L_2)$  წრფესთან

$$\begin{cases} \frac{x-x_0}{x'_0-x_0} = \frac{y-y_0}{y'_0-y_0} = \frac{z-z_0}{z'_0-z_0}, \\ \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{z-z_1}{z_2-z_1} \end{cases}$$

სისტემის ამონახსნია:  $x''_0, y''_0, z''_0, C_1(x''_0, y''_0, z''_0)$ .



ნახ. 4. A წერტილის მდებარეობის დადგენა

ვთქვათ,  $C_1$  წერტილი ეკუთვნის  $F_1F_2$  მონაკვეთს, ე.ი.  $|F_1F_2| = |F_1C_1| + |C_1F_2|$  (1), მაშინ  $A$  წერტილი მდებარეობს  $\overrightarrow{OF_1}$  და  $\overrightarrow{OF_2}$ , ან  $-\overrightarrow{OF_1}$  და  $-\overrightarrow{OF_2}$  ვექტორებით შედგენილი საზოგადო მახვილი ვერტიკალური კუთხეებიდან ერთ-ერთში (ნახ. 4). რომ დავადგინოთ, თუ რომელ კუთხეშია  $A$  წერტილი, ვიპოვოთ  $|OC_1|$ ,  $|OA|$  და  $|AC_1|$ ; თუ  $|OC_1| = |OA| + |AC_1|$ :

ა) როდესაც  $|OA| > |AC_1|$ ,  $A$  წერტილი მდებარეობს  $\overrightarrow{OF_1}$  და  $\overrightarrow{OF_2}$  ვექტორებით შედგენილ საზოგადო მახვილ კუთხეში;

ბ) როდესაც  $|OA| < |AC_1|$ ,  $A$  წერტილი იქნება  $-\overrightarrow{OF_1}$  და  $-\overrightarrow{OF_2}$  ვექტორებით შედგენილ საზოგადო მახვილ კუთხეში.

თუ  $|OC_1| = |OA| + |AC_1|$ , მაშინ  $A$  წერტილი მდებარეობს  $\overrightarrow{OF_1}$  და  $\overrightarrow{OF_2}$  ვექტორებით შედგენილ საზოგადო მახვილ კუთხეში.

თუ (1) ტოლობა არ სრულდება, ე.ი.  $|F_1F_2| \neq |F_1C_1| + |C_1F_2|$ , მაშინ  $A$  წერტილი იქნება  $\overrightarrow{OF_1}$  და  $-\overrightarrow{OF_2}$  ან  $-\overrightarrow{OF_1}$  და  $\overrightarrow{OF_2}$  ვექტორებით შედგენილ საზოგადო ბლაგვი ვერტიკალური კუთხეებიდან ერთეულში. ვიპოვოთ  $F_1$  ან  $F_2$  წერტილის სიმეტრიულ წერტილს  $O$  წერტილის მიმართ  $F'_1$  ან  $F'_2$ , შემდეგ კი  $(L_3)$  წრფისა და  $F_1, F'_2$ , ან  $F_2,$

$F_1'$  წერტილებზე გამავალი წრფის გადაკვეთის წერტილს  $C_2$ . წინა შემთხვევის ანალოგიურად გავაგრძელებთ გამოთვლებს, რომ დავადგინოთ თუ რომელ კუთხეშია  $A$  წერტილი.

**ამოცანა.** მოცემულია ორი გადაკვეთი სიბრტყე  $3x - 2z + 7 = 0$  ( $P_1$ ),  $3y + z - 2 = 0$  ( $P_2$ ) და წერტილი  $A(-4; -3; 3)$  დავადგინოთ ამ სიბრტყეთა მიერ შედგენილი ორწახნაგა ვერტიკალური კუთხეების იმ ორწახნაგა კუთხის საზოგადოებრივი კუთხე (ვექტორები, რომლებიც მას აღგენენ), რომელშიც მოცემული წერტილი მდებარეობს.

**ამოხსნა.** ვიპოვოთ  $A$  წერტილის გეგმილი სიბრტყეთა თანაკვეთის

$$\begin{cases} 3x - 2z + 7 = 0, \\ 3y + z - 2 = 0 \end{cases} \quad (L_1) \text{ წრფეზე, რისთვისაც შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება,}$$

რომელიც გადის  $A$  წერტილზე ( $L_1$ ) წრფის მართობულად. მისი ნორმალური ვექტორია

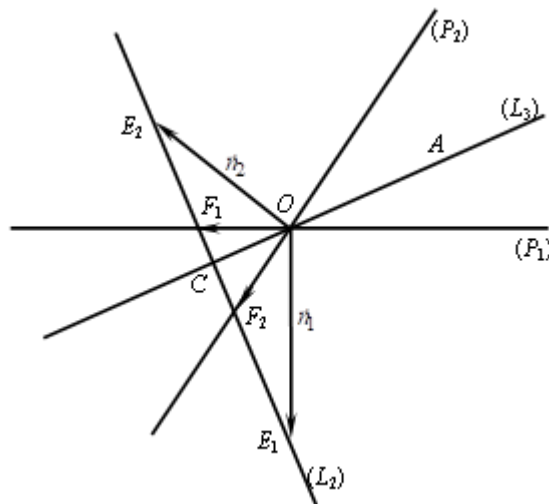
$$\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 3 & 0 & -2 \\ 0 & 3 & 1 \end{vmatrix} = 6\vec{i} - 3\vec{j} + 9\vec{k}, \quad \text{ხოლო განტოლებაა}$$

$6(x + 4) - 3(y + 3) + 9(z - 3) = 0, \quad 2x - y + 3z - 4 = 0,$  რომლის გადაკვეთის წერტილს ( $L_1$ )

წრფესთან ვიპოვოთ

$$\begin{cases} 3x - 2z + 7 = 0, \\ 3y + z - 2 = 0, \\ 2x - y + 3z - 4 = 0 \end{cases} \quad \text{სისტემის ამოხსნით: } x = -1, \quad y = 0, \quad z = 2. \text{ ე.ი.}$$

$O(-1; 0; 2)$  წერტილი არის  $A$  წერტილის გეგმილი ( $L_1$ ) წრფეზე (ნახ. 5).



ნახ. 5.  $A$  წერტილის მდებარეობის დადგენილი კუთხე

ვიპოვოთ  $\vec{n}_1 = (3; 0; -2)$  და  $\vec{n}_2 = (0; 3; 1)$  ნორმალური ვექტორების ბოლოების კოორდინატები, მათ სათავედ  $O$  წერტილი მივიჩნიოთ  $\vec{n}_1$ -ის ბოლოა  $E_1(2; 0; 0)$  წერტილი  $\vec{n}_2$ -ის  $E_2(-1; 3; 3)$  წერტილი, ხოლო  $E_1$  და  $E_2$  წერტილებზე გამავალი წრფის განტოლებაა  $\frac{x-2}{3} = \frac{y}{-3} = \frac{z}{-3}$  ( $L_2$ ).

ვიპოვოთ  $(L_2)$  წრფის გადაკვეთის წერტილი  $(P_1)$  და  $(P_2)$  სიბრტყეებთან, ე.ი.

$$\begin{cases} x = 3t + 3, y = -3t, z = -3t, \\ 3x - 2z + 7 = 0 \end{cases} \quad t = \frac{-13}{15}, \quad x = \frac{-3}{5}, \quad y = \frac{13}{5}, \quad z = \frac{13}{5}. \quad F_1\left(\frac{-3}{5}; \frac{13}{5}; \frac{13}{5}\right),$$

$$\begin{cases} x = 3t + 2, y = -3t, z = -3t, \\ 3y + z - 2 = 0 \end{cases} \quad t = \frac{-1}{6}, \quad x = \frac{3}{2}, \quad y = \frac{1}{2}, \quad z = \frac{1}{2}. \quad F_2\left(\frac{3}{2}; \frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right).$$

$\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_2) < 0$ , ხოლო  $\vec{OF}_1 = \left(\frac{2}{5}; \frac{13}{5}; \frac{3}{5}\right)$ ,  $\vec{OF}_2 = \left(\frac{5}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-3}{2}\right)$ ,  $\cos(\vec{OF}_1, \vec{OF}_2) > 0$ , ე.ი.

$(L_2)$  წრფე კვეთს მახვილი ვერტიკალური ხაზოვანი კუთხეების რომელიმე კუთხის გვერდებს.

$O$  და  $A$  წერტილებზე გამავალი წრფის განტოლებაა  $\frac{x+4}{3} = \frac{y+3}{3} = \frac{z-3}{-1}$  ( $L_3$ ),

რომლის გადაკვეთის წერტილი  $(L_2)$  წრფესთან  $\begin{cases} x = 3t + 2, y = -3t, z = -3t, \\ \frac{x+4}{3} = \frac{y+3}{3} = \frac{z-3}{-1} \end{cases}$  სისტემის

ამონახნია:  $t = \frac{-1}{2}, x = \frac{1}{2}, y = \frac{3}{2}, z = \frac{3}{2}, C\left(\frac{1}{2}; \frac{3}{2}; \frac{3}{2}\right)$ .

შევამოწმოთ,  $C$  წერტილი ეკუთვნის თუ არა  $F_1F_2$  მონაკვეთს; ე.ი.

$|F_1F_2| = \frac{21\sqrt{3}}{10}, |F_1C| = \frac{11\sqrt{3}}{10}, |CF_2| = \sqrt{3}$ , ხოლო  $|F_1F_2| = |F_1C| + |CF_2|$  და  $A$  წერტილი

მდებარეობს მახვილი ხაზოვანი ვერტიკალური კუთხეებიდან ერთერთში. ვიპოვოთ:

$|OC| = \frac{\sqrt{19}}{2}, |OA| = \sqrt{19}, |AC| = \frac{3}{2}\sqrt{19}$ ; რადგანაც  $|OC| \neq |OA| + |AC|$  და  $|AC| > |OA|$ ,

$A$  წერტილი მდებარეობს  $-\vec{OF}_1 = \left(\frac{-2}{5}; \frac{-13}{5}; \frac{-3}{5}\right)$  და  $-\vec{OF}_2 = \left(\frac{-5}{2}; \frac{-1}{2}; \frac{3}{2}\right)$  ვექტორებით

შედგენილ ხაზოვან მახვილ კუთხეში.

**ლიტერატურა**

1. Гусак А.А. Задачи и упражнения по высшей математике. -Минск, часть 1. Вышэйшая школа, 1988, 247 с.
2. Данко П.Е. и др. Высшая математика в упражнениях и задачах. -М. часть 1, Высшая школа, 1980, 320 с.

**SUMMARY**

**DETERMINATION OF THE LINEAR ANGLE OF A DIHEDRAL ANGLE COMPOSED OF TWO PLANES OF A DIHEDRAL VERTICAL ANGLE IN THAT A GIVEN POINT IS LOCATED**

Maspindzelashvili B.I. and Kadaria Yu.R.

Georgian Technical University

When the equations of two intersecting planes and a point are stated, a method is constructed that makes possible to determine the linear angle of that dihedral angle in that the point is located

**Keywords:** coordinate, vector, point, plane.

**ფუნქციონალური დაპროგრამება - ბამოყენების ასაქმები PYTHON-ში**

ჯოჯუა ზ.ს., ჯოჯუა ნ.მ., გვარამია ე.გ., ბოჭორიძე ე.ვ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

**შესავალი**

პროგრამირების თითოეული ენა დაპროგრამების პარადიგმებიდან ერთ-ერთს ან რამოდენიმეს ერთად იყენებს. თითოეული ენისათვის პარადიგმებიდან ერთ-ერთი ძირითადია, ხოლო დანარჩენი – დამატებითი. ეს პარადიგმებია პროცედურული, ობიექტ-ორიენტირებული, ფუნქციონალური, ლოგიკური. დღეს-დღეობით, მათგან, თანამედროვე პროგრამული უზრუნველყოფის სფეროში ფუნქციონალური გახდა ერთ-ერთი მოთხოვნილი პარადიგმა.

**ფუნქციონალური დაპროგრამება**

ფუნქციონალური დაპროგრამების მიმართ ინტერესის ზრდა გამოწვეულია პროგრამის შედგენა-დამუშავების განსხვავებული – დეკლარატიული მიდგომით. მასში პროგრამა აღიწერება ფუნქციების სახით, სადაც ისინი დამოუკიდებელი ბლოკებია და ასრულებენ ცალკეულ დავალებებს. გამოთვლები იწყება რომელიმე ფუნქციის გამოძახებით, რომელიც თავის მხრივ სხვა ფუნქციას იძახებს და ა.შ. ყოველი გამოძახებული ფუნქცია გამოძახებულ ფუნქციას უბრუნებს რაიმე მნიშვნელობას, რის შემდეგაც გამოთვლებს აგრძელებს გამოძახებული ფუნქცია. ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ თავდაპირველი ფუნქცია არ დააბრუნებს საბოლოო მნიშვნელობას.

განვიხილოთ ფუნქციონალური დაპროგრამების ძირითადი პრინციპები.

**სუფთა ფუნქციები**

ფუნქციონალურ დაპროგრამებაში სუფთა ფუნქცია, მასზე გადაცემულ მონაცემს ან მონაცემებს არ ცვლის, მან უნდა დააბრუნოს ახალი მონაცემი ან მონაცემები. ის შეიძლება გადაეცეს სხვა ფუნქციებს, სხვა ფუნქციიდან დაბრუნდეს როგორც შედეგი და გამოყენებული იქნას ცვლადებში და კონსტანტებში. გარდა ამისა სუფთა ფუნქცია, მასზე ერთი და იგივე არგუმენტის გადაცემისას უნდა აბრუნებდეს ერთი და იგივე მნიშვნელობას (ასეთ ფუნქციებს დეტერმინირებულ ფუნქციებს უწოდებენ). სხვა სიტყვებით, ფუნქცია მუშაობს ერთნაირად მხოლოდ ლოკალურ მონაცემებთან, დამოუკიდებლად იმისა, თუ სად, როდის და რა ფორმით იქნება ის გამოძახებული. აგრეთვე მას არ ახასიათებს ე.წ. გვერდითი ეფექტები – ფუნქციის შესრულების მომენტში პროგრამულ კოდში სხვა რამის შეცვლა. მაგალითად, გვერდითი ეფექტი შეიძლება იყოს ცვლადის მნიშვნელობის შეცვლა ფუნქციის გარეთ, კონსოლში გამოტანა, განსაკუთრებული სიტუაციის წარმოქმნა, ფაილიდან მონაცემების წაკითხვა და ა.შ. შეიძლება ეს სერიოზულ შეზღუდვად ჩაითვალოს, თუმცა უნდა დაგფიქრდეთ იმაზე, რომ თუ ფუნქცია თავის გარეთ არაფერს არ ცვლის, მისი გამოყენება უპრობლემოდ შეიძლება სხვა პროგრამულ კოდებში. ეს კი თავის მხრივ ზრდის თავისუფლების ხარისხს, ამოცანის გადაწყვეტის დროს ამცირებს და ა.შ.

ზემოთ აღნიშნულის ნათელი მაგალითია ქვევით მოყვანილი Python ენის მარტივი პროგრამული კოდები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ Python ენაში აქტიურად ხდება ფუნქციონალური დაპროგრამების პრინციპების გაფართოება. ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ ყოველ ფუნქციას ავტომატურად აქვს როგორც მინიმუმ ერთი შესასვლელი self.

მოცემულ პროგრამაში ფუნქცია გამოთვლის წრის ფართობს.

```
p=3.14
def area(r):
return r*r*p
print(area(5))
```

```
p=3.14
def area(r,p):
return r*p
print(area(5,p))
```

პროგრამის პირველ კოდში ფუნქციას ვერ ვუწოდებთ, სუფთას, ვინაიდან მასში გამოყენებულია გლობალური ცვლადი, რომლის გადაცემაც არ ხდება მასზე არგუმენტის სახით. თუ ფუნქციას გადავცემთ გლობალურ ცვლადს არგუმენტის სახით – მეორე ვარიანტი, მაშინ ის იმუშავებს ისე, რომ მიმართვას არ გააკეთებს გლობალურ ცვლადზე, ფუნქციაზე ერთი და იგივე არგუმენტის გადაცემისას ფუნქცია გასცემს ერთსა და იმავე შედეგს, რაც წარმოადგენს სუფთა ფუნქციის მახასიათებელს და რომელსაც ეყრდნობა ფუნქციონალური დაპროგრამების პარადიგმა, როგორც ეს იყო ზემოთ აღნიშნული.

როდესაც ფუნქციას აქვს ცხადი შესასვლელი და გამოსასვლელი მონაცემები, მას არ აქვს გვერდითი ეფექტები. გვერდითი ეფექტის მაგალითია ფუნქციის გამოძახებისას მასზე მოდიფიცირებული გლობალური ცვლადების ან არგუმენტების გადაცემა მიმართვის მიხედვით. ეს ნათლად ჩანს ქვევით მოყვანილ მაგალითში.

```
counter=1
def increaseCounter(value):
    counter=value+1
    return counter
print (increaseCounter(counter))
```

პროგრამის მიხედვით, ფუნქცია, რომელიც არა არის სუფთა, ცვლის გლობალური ცვლადის მნიშვნელობას. ეს კი არ არის გამართლებული ფუნქციონალური დაპროგრამების პრინციპებით. სწორ ვარიანტს აქვს შემდეგი სახე:

```
counter=3
def increaseCounter(value):
    return value+1
print (increaseCounter(counter))
```

სადაც, ფუნქცია მასზე გადაცემულ მნიშვნელობას ცვლის ისე, რომ არ იცვლება გლობალური ცვლადის მნიშვნელობა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ სუფთა ფუნქციები სტაბილურია, ერთგვაროვანი და პროგნოზირებადია. ყოველი ფუნქცია არის იზოლირებული და არ ახდენს გავლენას პროგრამის დანარჩენ კოდზე.

### **ფუნქცია – პირველი კლასის და უმაღლესი რანგის.**

ეს ფუნქციონალური დაპროგრამების აუცილებელი მოთხოვნაა. იმისათვის, რომ ფუნქცია იყოს პირველი კლასის, მისი ცვლადის სახით გამოცხადება უნდა იყოს შესაძლებელი. ეს თავის მხრივ ფუნქციის, როგორც ცვლადის, მართვის საშუალებას იძლევა. რაც შეეხება უმაღლეს რანგს – ეს ნიშნავს, რომ ფუნქციას შეუძლია არგუმენტის სახით სხვა ფუნქციის მიღება ან შედეგის სახით ფუნქციის დაბრუნება.

### **ცვლადები უცვლელია.**

ფუნქციონალურ დაპროგრამებაში ცვლადების შეცვლა მათი გამოცხადების შემდეგ არ შეიძლება. შესაძლებელია მათი საშუალებით ახალი ცვლადების შექმნა.

### **ლამბდა-გამოთვლები.**

კიდევ ერთი ცნება, რომელსაც ეყრდნობა ფუნქციონალური დაპროგრამება, არის ლამბდა გამოსახულება, რომლის ორ პრინციპს უჭირავს მთავარი ადგილი ფუნქციონალურ დაპროგრამებაში:

1. ლამბდა-გამოსახულების ყველა ფუნქცია არის ანონიმური (ფუნქცია სახელის გარეშე);

2. გამოძახებისას ყველა ფუნქცია განიცდის ე.წ. currying-ს. ეს ნიშნავს, რომ თუ ადგილი აქვს რამოდენიმე არგუმენტის მქონე ფუნქციის გამოძახებას, პირველად სრულდება პირველი არგუმენტის ფუნქცია, ის შედეგს აბრუნებს ახალი ფუნქციის სახით, რომელსაც აქვს ერთი არგუმენტით ნაკლები. შემდეგ ეტაპზე ხდება ამ ფუნქციის გამოძახება და ანალოგიურად ზემოთ ნათქვამისა გრძელდება პროცესი, რომელსაც რეკურსიულს უწოდებენ. ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ არ იქნება ყველა არგუმენტის ფუნქცია გამოძახებული და არ დაბრუნდება საბოლოო შედეგი.

ლამბდა-ფუნქციის ზოგად ჩანაწერს აქვს შემდეგი სახე:

lambda argument(s): expression

ხოლო, ამ სინტაქსის თანახმად, მარტივ მაგალითს Python ენაზე აქვს შემდეგი სახე:

ფუნქცია ერთი არგუმენტით:

```
n = lambda x: x % 3
```

```
print(n(8))
```

სადაც, x არის არგუმენტი, ხოლო  $x \% 3$  – გამოსახულება რომლის გამოთვლაც უნდა მოხდეს.

ფუნქცია რამოდენიმე არგუმენტით:

```
k=(lambda x, y,z: x + y+z)(2, 3, 7)
```

```
print (k)
```

### დასკვნა

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას ის ძლიერი მხარეები, რომლითაც გამოირჩევა ფუნქციონალური დაპროგრამება:

– კოდის საიმედოობას ამაღლებს ცხადი სტრუქტურისა და გვერდითი ეფექტების თვალყურის დევნების არსაჭიროება,

– მოდულური ტესტირების მოხერხებული ორგანიზაცია, რაც პროგრამის ყოველი ფუნქციის ტესტირების შესაძლებლობას იძლევა არგუმენტის სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის;

– კომპილაციისას ოპტიმიზაციის საშუალება – როცა ცხადი სახით არ მიეთითება ოპირაციების შესრულების მიმდევრობა, არამედ ავტომატურად ფორმირდება ფუნქციის გამოთვლისას.

– პარალელიზმის შესაძლებლობა – გვერდითი ეფექტების არარსებობის ფონზე ფუნქციის ნებისმიერი გამოძახებისას ყოველთვის არის შესაძლებელი ორი სხვადასხვა პარამეტრის პარალელური გამოთვლა – მათი გამოთვლის მიმდევრობა არ ახდენს გავლენას გამოძახების შედეგზე.

ამგვარად, ფუნქციონალური დაპროგრამების გამოყენება ძალიან ეფექტურია მონაცემთა დიდი ბაზებისთვის, პარალელური დაპროგრამებაში და მანქანურ სწავლებაში.

### ლიტერატურა

1. [https://www.tutorialspoint.com/functional\\_programming/functional\\_programming\\_tutorial.pdf](https://www.tutorialspoint.com/functional_programming/functional_programming_tutorial.pdf)
2. <https://realpython.com/python-lambda/>
3. <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/434112/>

### SUMMARY

#### FUNCTIONAL PROGRAMMING – ASPECTS OF THE USE IN PYTHON

Jojua Z.S., Jojua N.M., Gvaramia E.G. and Bochoridze E.V.

Georgian Technical University

In the paper on of the relatively new paradigm of increasing popularity for programming-functional programming is considered. The case in point is such main aspects as pure functions of first and highest rank, lambda calculations. The codes appropriate to Python language are given.

**Keywords:** programming, programming language.



მრავალფუნქციური ეგზოჩონჩხის ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციის ალგორითმების დამუშავება ადამიანის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანისთვის

დონაძე ს.ბ., თოდუა თ.დ.

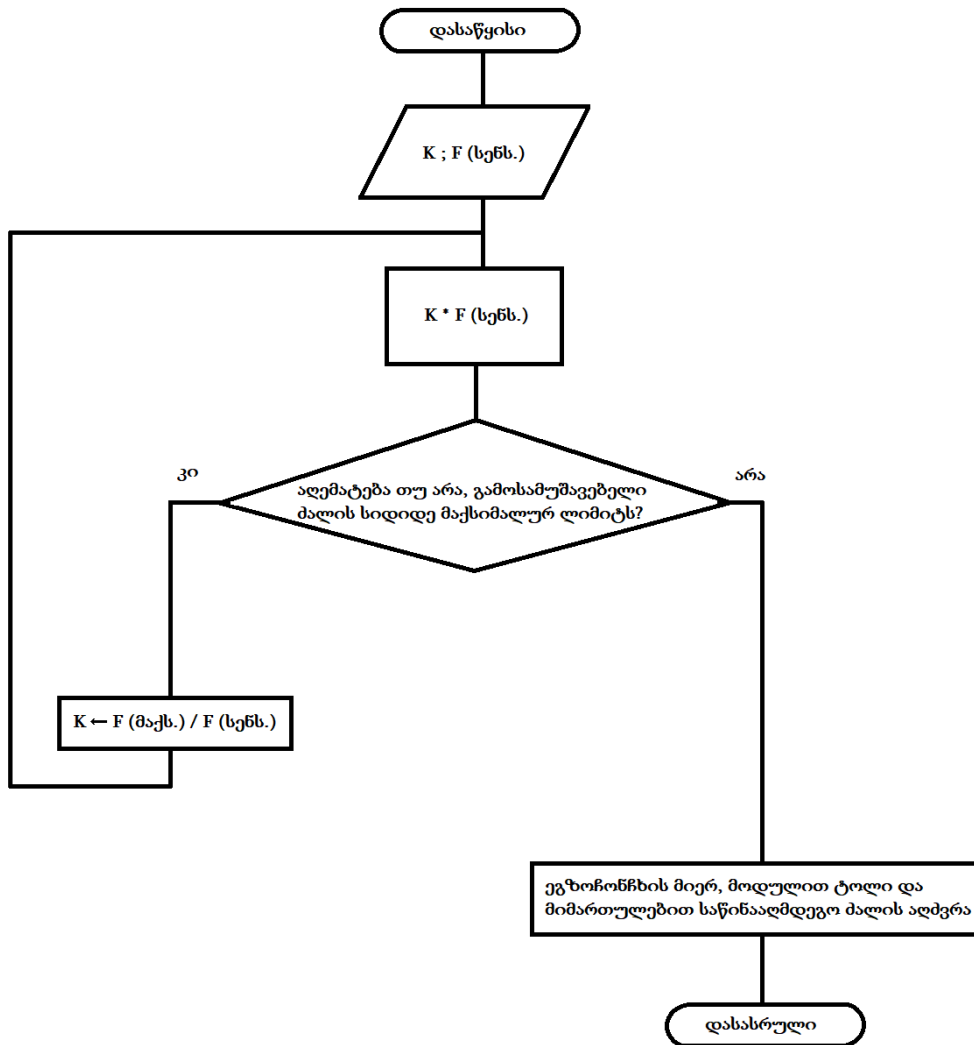
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თავდაპირველად ეგზოჩონჩხის კლასიკური ტექნიკური კონცეფცია წარმოადგენდა ადამიანის ბიომექანიკური საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის დამხმარე მექატრონულ სისტემას [1], რომელიც თავის მხრივ შედგებოდა სახსრებით დაკავშირებული საყრდენი სეგმენტებისგან, სახსრების მამოძრავებელი სერვოდრავებისგან, მექანიკური ძალების სენსორებისგან და ისეთი მოწყობილობებისგან, როგორიცაა: მართვის მთავარი კომპიუტერი და სერვოდრავების უშუალო მმართველი კონტროლერები. უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის ეგზოჩონჩხის გამოყენების არეალი გასცდა აღნიშნულ სფეროს; სულ უფრო და უფრო აქტუალური ხდება მისი სხვადასხვა სფეროში გამოყენება; ეს განსაკუთრებით ეხება ვირტუალურ და დაშორებულ რეალობას [2], სადაც ეგზოჩონჩხის დანიშნულებაა, მექანიკური უკუქმედების სიმულაციის უზრუნველყოფა მომხმარებელსა და ვირტუალურ ანდა დისტანციურ რეალობაში არსებულ ობიექტებს შორის.

ნაშრომში წარმოდგენილი ალგორითმები დამუშავებულია მრავალფუნქციური ეგზოჩონჩხის ფუნქციონირებისა და ექსპლუატაციისათვის, მომხმარებლის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანისთვის, რაც გულისხმობს მომხმარებლის მიერ, როგორც ფიზიკური ობიექტების ლოკალურ გადაადგილებას, ასევე ქვეითად ხანგრძლივ გადაადგილებასა და ტვირთის გადატანას. აღნიშნული ეგზოჩონჩხის ტექნიკური კონცეფციის მრავალფუნქციურობა კი, თავის მხრივ გულისხმობს, ეგზოჩონჩხის ახალ ტექნიკურ კონცეფციას, რაც მდგომარეობს მომხმარებლის მიერ, ერთი და იგივე ეგზოჩონჩხის მრავალი დანიშნულებით გამოყენებაში. ამგვარი ეგზოჩონჩხი შედგება ძირითადი და დამატებითი მოდულებისგან. ამ შემთხვევაში, ძირითადი მოდული წარმოადგენს ძირითად ეგზოჩონჩხს, ხოლო დამატებითი მოდულები წარმოადგენენ ძირითადი ეგზოჩონჩხის გაფართოებას, იმ კონკრეტული ფუნქციის შესაბამისად, რომელიც პრიორიტეტულია მომხმარებლის კონკრეტული საჭიროებისამებრ.

**ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ალგორითმი** უნდა ჩამოყალიბდეს იმისა და მიხედვით, თუ როგორ უნდა ფუნქციონირებდეს მომხმარებლის სხეულის საყრდენ-მამოძრავებელი ბიომექანიკური სისტემის ფიზიკური დატვირთვის შემამსუბუქებელი მოდულები. ეს მოდულები ეგზოჩონჩხის შემადგენლობაში შედის. ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანის განსახორციელებლად, აუცილებელია ეგზოჩონჩხის ფიზიკურ გარემოსთან შემხები სეგმენტების ზედაპირებზე ძალის სენსორების განთავსება. ალგორითმი მოქმედებს იწყებს და მუშაობს მანამ, სანამ ფიზიკურ გარემოში არსებული სხეულების ზედა პირებთან ეგზოჩონჩხის შემხები სეგმენტების ზედაპირებზე განლაგებული ძალის სენსორები ფიზიკური ურთიერთქმედების ძალებს აფიქსირებს [3].

ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ალგორითმის ფუნქციონირება უნდა წარმართოს ორი მონაცემის საფუძველზე, რომელთაგან ერთია, მომხმარებლის მიერ, ელექტრონულ სისტემაში მითითებული ეგზოჩონჩხის დატვირთვის კოეფიციენტი, მეორე – ეგზოჩონჩხის ძალის სენსორების მიერ, მყისიერად დაფიქსირებული ფიზიკური ურთიერთქმედების ძალების სიდიდე და მიმართულება. ამ ორი მონაცემის ნამრავლით, შესაძლებელია ეგზოჩონჩხის ელექტრომექანიკური სისტემის მიერ აღსაძრავი ძალის სიდიდისა და მიმართულების გამოთვლა. ბიომექანიკური სისტემის მსგავსად, ეგზოჩონჩხის ელექტრომექანიკურ სისტემასაც გააჩნია თავისი მაქსიმალური დატვირთვის ლიმიტი. ალგორითმის დამუშავებისას გათვალისწინებულ იქნა ეს ფაქტორიც.



**ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ალგორითმის ბლოკ-სქემა**

მართვის პროგრამული ალგორითმი, უნდა შეიცავდეს ბლოკს, რომელიც გაცემს პასუხს შემდეგ კითხვაზე: „აღმატება თუ არა, ეგზონონხის მიერ გამოსამუშავებელი დატვირთვა, მაქსიმალური დატვირთვის ლიმიტს?“. თუ პასუხი უარყოფითია, მაშინ ელექტრომექანიკურმა სისტემამ უნდა აღძვრას მოდულით ტოლი და მიმართულებით საწინააღმდეგო ძალა, იმ ძალის წინააღმდეგ, რომელიც მოქმედებს ეგზონონხის სენსორებზე; თუ პასუხი დადებითია, მაშინ დატვირთვის კოეფიციენტი პროგრამამ თვითონ უნდა გამოითვალოს და ჩაანაცვლოს მომხმარებლის მიერ მითითებული კოეფიციენტი. კოეფიციენტის გამოთვლა შესაძლებელია ეგზონონხის მაქსიმალური ფიზიკური ძალით დატვირთვის ლიმიტის სიდიდის შეფარდებით, სენსორზე მოქმედი ძალის სიდიდესთან. თუ მაგალითისთვის დაუშვებთ იმას, რომ ეგზონონხის მაქსიმალური დატვირთვის ლიმიტია 100 კვ, ლოკალურად გადასადგინებული ფიზიკური ობიექტი იწონის 150 კვ-ს, ხოლო მომხმარებელს ეგზონონხის ელექტრონულ სისტემაში დატვირთვის კოეფიციენტად მითითებული აქვს 0,8, გამოდის რომ, ამ შემთხვევაში ეგზონონხის დატვირთვის წილი 20კვ-ით აღმატება დატვირთვის ლიმიტს, რადგანაც დატვირთვის კოეფიციენტისა და ფიზიკური ობიექტის წონის ნამრავლი შეადგენს 120 კვ-ს. ასეთ შემთხვევაში, პროგრამულმა ალგორითმმა, თავისით უნდა გამოითვალოს და ჩაანაცვლოს მომხმარებლის მიერ მითითებული დატვირთვის კოეფიციენტი. დატვირთვის კოეფიციენტის გამოთვლა შესრულდება, მაქსიმალური ფიზიკური დატვირთვის ლიმიტის სიდიდის სენსორზე მოქ-

მედი ძალის სიდიდესთან შეფარდების საფუძველზე ( $100\text{კგ}/150\text{კგ} = 0.6$ ). აქედან გამომდინარეობს, რომ გამოთვლილი დატვირთვის კოეფიციენტის (0.6) ძალაში შესვლის საფუძველზე, ეგზონონის ელექტრომექანიკური სისტემის მიერ მისაღები დატვირთვა, არ აღემატება თავის ლიმიტს –  $100\text{კგ-ს}$  ( $0.6 \cdot 150\text{კგ} = 99.9\text{კგ}$ ), ხოლო მომხმარებლის საყრდენ-მამოძრავებელი ბიომექანიკური სისტემის ნაწილში დატვირთვა შეადგენს –  $40\text{კგ-ს}$ .

ნახაზზე მოცემულია დატვირთვის შემსუბუქების ალგორითმის ბლოკ-სქემა. სქემაზე ლათინური სიმბოლოებით აღნიშნულია სიდიდეები:  $K$  - მომხმარებლის მიერ მითითებული ეგზონონის დატვირთვის კოეფიციენტი,  $F$ (სენს.) – ეგზონონის ძალის სენსორებზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალები,  $K \cdot F$ (სენს.) – ეგზონონის მიერ გამოსამუშავებელი ძალა,  $F$ (მაქს.) – ეგზონონის მაქსიმალური ძალური დატვირთვის ლიმიტი.

**მრავალფუნქციური ეგზონონის ექსპლოატაციის სიტყვიერი ალგორითმი ადამიანის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანისთვის.**

ქვემოთ მოცემულია ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების დანიშნულებით ეგზონონის ექსპლოატაციის სიტყვიერი ალგორითმი, რომელიც საერთოა ორი სხვადასხვა შემთხვევისთვის: 1. ხანგრძლივად ქვეითი გადაადგილება და ტვირთის გადატანა; 2. ფიზიკური ობიექტების ლოკალური გადაადგილება.

ადამიანის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების დანიშნულებით ეგზონონის ექსპლოატაციის სიტყვიერი ალგორითმი მდგომარეობს შემდეგში:

1. აღნიშნული ფუნქციის შესრულებისთვის ყველა უსარგებლო მოდულის მოხსნა ეგზონონიდან (თუკი არაა მოხსნილი ისეთი მოდულები, როგორცაა ვირტუალური რეალობის ჩაფხუტი და ეგზონონის ზედა კიდურების მოდული (თავის სისტემურ ბლოკთან ერთად)), ანდა თუკი თვითონ ეგზონონი არ არის მოხსნილი ისეთი მოდულიდან, როგორცაა ბრუნვის სიმულატორი);

2. აღნიშნული ფუნქციისთვის სასარგებლო მოდულების დამატება (მაგ., მობილური აკუმულატორული ბატარეა და ტურისტული ზურგჩანთის ეგზონონზე დასამაგრებელი მოდული);

3. ეგზონონზე კონკრეტული მომხმარებლის სხეულისთვის ოპტიმალური ზომების შერჩევა და ეგზონონის მორგება;

4. ეგზონონის ელექტრონული სისტემის ჩართვა;

5. მომხმარებლის სხეულისთვის შერჩეული ოპტიმალური ზომების ეგზონონის ელექტრონულ სისტემაში შეყვანა და ელექტრონულ ბაზაში დამახსოვრება;

6. მომხმარებლის მიერ, ეგზონონის აღნიშნული ფუნქციის ელექტრონულ სისტემაში არჩევა;

7. ეგზონონის მიერ მომხმარებლის ენერჯის დაზოგვის კოეფიციენტის ელექტრონულ სისტემაში მითითება;

8. მომხმარებლის მიერ, ეგზონონის დატვირთვის შემსუბუქების ფუნქციის ჩართვის ელექტრონული ბრძანების გაცემა;

9. აღნიშნული ფუნქციით, ეგზონონის ფუნქციონირების დაწყება;

10. მომხმარებლის მიერ, ეგზონონის დატვირთვის შემსუბუქების ფუნქციის გამორთვის ელექტრონული ბრძანების გაცემა;

11. ელექტრონული სისტემის მიერ, აღნიშნული ფუნქციის გამორთვა;

12. მომხმარებლის მიერ, ეგზონონის ელექტრონული სისტემის გამორთვის ელექტრონული ბრძანების გაცემა;

13. ელექტრონული სისტემის მიერ, ელექტრონული სისტემის გამორთვა;

14. მომხმარებლის სხეულიდან ეგზონონის მოხსნა;

ამრიგად, კვლევების შედეგად წარმოდგენილია ახალი ტექნიკური კონცეფცია, რაც გულისხმობს: ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ალგორითმის ჩამოყალიბებას; ხანგრძლივად ქვეითი გადაადგილებისა და ტვირთის გადატანისას, ეგზონონის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ფუნქციით ექსპლოატაციის სიტყვიერი ალგორითმის ჩამოყალიბებას; ფიზიკური ობიექტების ლოკალური გადაადგილებისას, ეგზონონის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ფუნქციით ექსპლოატაციის სიტყვიერი ალგორითმის ჩამოყალიბებას;

ჩამოყალიბებული ალგორითმები საშუალებას იძლევა მრავალფუნქციური ეგზოსკელეტის ტექნიკური კონცეფციის რეალიზაციის შემთხვევაში, გათვალისწინებულ იქნეს ალგორითმების სახით ჩამოყალიბებული ის კანონზომიერებები, რომლებსაც უნდა ემორჩილებოდეს მრავალფუნქციური ეგზოსკელეტის ტექნიკური სისტემა, ადამიანის ფიზიკური დატვირთვის შემსუბუქების ამოცანის შესრულების შემთხვევაში.

#### ლიტერატურა

1. ი. შურღაია, ლ. თედიაშვილი. მექატრონიკის საფუძვლები. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2018, 217 გვ.
2. Y. Kim, H. Ko, B. Choe. Virtual Reality Infrastructure and its Application to Telerobotics. Comput. & Graphics. Vol.18. N5. Elsevier Science Ltd. Great Britain.1994. 667-673pp;
- 3.<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1729881417743554#:~:text=Medical%20exoskeletons%20are%20medical%20electrical,cerebral%20palsy%20and%20so%20on.,> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 09.05.2021.

#### SUMMARY

#### DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL EXOSKELETON OPERATION AND EXPLOITATION ALGORITHMS FOR THE TASK OF ALLEVIATING HUMAN PHYSICAL EXERTION

**Dokhnadze S.B. and Todua T.D.**

**Georgian Technical University**

The use of exoskeletons is actual in many fields. The technical concept of an exoskeleton is still in the process of development therefore, in the same field of application, we come across many different projects and technical concepts. The article presents algorithms for the functioning and exploitation of multifunctional exoskeletons for the task of alleviating human physical exertion. The algorithms fit the technical concept of the exoskeleton, which implies multifunctionality and the ability of the user to utilize the same exoskeleton with different functions, depending on the specific need.

**Keywords:** exoskeleton, force sensor, maximal load limit.

ბეომეტრიული აღწერების დაპროგრამების მეთოდების გავლენა ატლასის ექსპერიმენტის სიმულაციის წარმადობაზე

კეკელია ბ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

მსოფლიოში რამდენიმე დიდი პროექტი მიმდინარეობს მაღალი ენერგიების ფიზიკაში. მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს LHC (large Hadron Collider) – ის ექსპერიმენტს [1,2]. LHC-ში დამოუკიდებელი ექსპერიმენტის სახით, 4 ძირითადი დეტექტორი მდებარეობს. ესენია: ATLAS (A Toroidal LHC AparaturS), CMS (Compact Muon Solenoid), ALICE (A Large Ion Collider Experiment), LHCb (LHC Beauty). ATLAS-ის დეტექტორი ერთ-ერთი ყველაზე დიდია აღნიშნულ ექსპერიმენტზე [3,4]. მის offline პროგრამულ უზრუნველყოფას წარმოადგენს Athena. Athena-ში მიმდინარეობს TLAS-ის ექსპერიმენტის სიმულაცია. ეს პროცესი დაფუძნებულია Geant4 (Geometry and Tracking) მოდელირების პაკეტზე, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება სხვადასხვა სიმკვრივის ობიექტებში ნაწილაკების გავლის პროცესის მოდელირება. ექსპერიმენტის სიმულაცია მნიშვნელოვანი პროცესია, გამომდინარე იქიდან, რომ თუ რეალური ექსპერიმენტის და სიმულაციის შედეგები ერთმანეთს დაემთხვევა რიგი ექსპერიმენტები შესაძლოა ჩატარდეს მოდელირებით.

სიმულაციის პროცესს გეომეტრიული აღწერები მიეწოდება 2 ძირითადი რესურსიდან ესენია: GeoModel და XML. GeoModel-ში აღწერილია დეტექტორის აქტიური კომპონენტები, ანუ ის სტრუქტურები, რომლებიც ნაწილაკის დეტექტირებასთან პირდაპირ კავშირშია, ხოლო XML-ში კი პასიური კომპონენტები, ისინი წარმოადგენენ აქტიური კომპონენტების დამხმარე სტრუქტურებს [5]. საბოლოოდ ამ 2 რესურსიდან წამოსული ინფორმაციის კონვერტირება ხორციელდება GDML ფორმატში რომელიც სიმულაციის შესასვლელ ფორმატს წარმოადგენს.

დეტექტორის გეომეტრიული აღწერების დაპროგრამება სხვადასხვა მეთოდით არის შესაძლებელი, როგორცაა: Box, Tube, და ა.შ. რთული ობიექტების შესაქმნელად კი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ისეთი მეთოდები, როგორცაა arbitrary, symmetric და ასევე Boolean ოპერატორები union intersection subtraction. დაახლოებით 1`021`500 ობიექტია დაპროგრამებული ATLAS-ის ექსპერიმენტის სიმულაციისთვის [6] ცხრ. 1.

ცხრ. 1. ატლასის დეტექტორის სიმულაციაში არსებული ობიექტების რაოდენობა

Detector	Number of volues	Comments
Pixel	6000	
SCT	40500	
TRT	300000	parameterized
LAr	142500	parameterized
Tile	80500	parameterized
Muon Chambers	451000	parameterized
Toroids	1000	

ისინი სიმულაციის პროცესის წარმადობაზე გავლენას ახდენენ. წარმადობა ძალიან მნიშვნელოვანი პარამეტრია, ვინაიდან წელიწადში დაახლოებით 5-7 მილიარდი ივენთის წარმოქმნა ხდება და მათი სიმულაციისთვის 77 მილიონი საათია საჭირო [7]. აქედან გამომდინარე გეომეტრიული აღწერების დაპროგრამების მეთოდების სიმულაციის პროცესის წარმადობაზე გავლენის გამოკვლევა წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას.

2. სიმულაციის საცდელი სესიების ჩატარება

კვლევის ჩასატარებლად განხორციელდა ატლასის დეტექტორის ტიპური გეომეტრიიდან სატესტო მაგალითების გამოყოფა. გეომეტრიული ფორმების, დაპ-

როგორამების მეთოდებისა და კოდის ტოპოლოგიების მიხედვით. პირველ ეტაპზე განხორციელდა მათი გეომეტრიული ფორმების მიხედვით კლასიფიცირება 3 კლასში:

- პირველ კლასში გაერთიანდა ცილინდრული ზედაპირების მქონე ობიექტები, ამ კლასში 11 მაგალითი გაერთიანდა;
- მეორე კლასში გაერთიანდა წახნაგოვანი ზედაპირების მქონე მაგალითები. ამ კლასში გაერთიანდა 31 მაგალითი;
- მესამე კლასში თავმოყრილია შერეული მაგალითები, რომელთა შესაქმნელად გამოყენებულია როგორც ცილინდრული ასევე წახნაგოვანი ზედაპირების მქონე ობიექტები. ჯამში ასეთი 24 მაგალითი გამოიყო;

მეორე ეტაპზე განხორციელდა ზემოთ აღწერილი მაგალითებისათვის დაპროგრამების მეთოდების შერჩევა. სულ შერჩეულ იქნა 2713 მეთოდი. შემდგომ ეტაპზე განხორციელდა ამ მეთოდების განთესვა 3 კრიტერიუმის მიხედვით: თეორიული მეთოდების გამორიცხვა; ირაციონალური მეთოდების გამორიცხვა და მსგავსი ტოპოლოგიების მქონე მეთოდების გამორიცხვა. საბოლოოდ შემდგომი კვლევისთვის მიღებულ იქნა 42 სატესტო მაგალითი და მათი დაპროგრამების 416 მეთოდი.

სიმულაციის ტესტ ანალიზის შედეგად ხდება, პროცესის მიერ გამოყენებული პროცესორისა და ოპერატიული მეხსიერების დატვირთვის ანალიზი. დაკავებული მეხსიერება იგივე RAM იზომება კბ-ში, ხოლო პროცესორის დატვირთვა იგივე CPU Time იზომება მილი/წმ-ში. საცდელი სესიების გაშვება განხორციელდა ცერნში არსებულ შესაბამის სერვერებზე. ამ სერვერებზე პარალელურად სხვა ამოცანების შესრულებაც ხორციელდება, ამიტომ CPU Time-ისთვის ხმაურის კოეფიციენტი გამოთვლა დადგა დღის წესრიგში. განხორციელდა რამდენიმე სერვერის ტესტირება საუკეთესოს გამოსაგეგმად, თითოეულ მათგანზე 10-10 საცდელი სიმულაციის სესიის გაშვება განხორციელდა. შედეგად დადგინდა, რომ Ixplus703 სერვერის ხმაურის კოეფიციენტი 1,78%, Ixplus750 სერვერის 3,52%, Ixplus604 სერვერის კი 3,9%, ვინაიდან ყველაზე დაბალი ხმაურის კოეფიციენტის მაჩვენებელი აღმოაჩნდა Ixplus703 სერვერს, შესაბამისად ყველა საცდელი სესიის გაშვება განხორციელდა აღნიშნულ სერვერზე.



სურ. 1. №23 მაგალითი

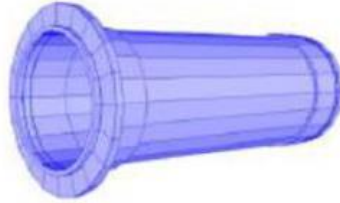
ცხრ.3. №23 მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები

23-1	23-2	23-3
001 Tube	001 Chain	001 Cylinder
002 Tube	002 Chain	002 Cylinder
003 Composition	003 Composition	003 Composition

პირველ ეტაპზე განხორციელდა ცილინდრული ობიექტების ტესტირება. ამისათვის დათვლილ იქნა სიმულაციის პაკეტებში არსებული ცილინდრული ობიექტების რაოდენობა და ის შეადგენს 7060 ცალს, აქედან 6776 Tube, 169 cylinder და 115 Chain მეთოდით არის დაპროგრამებული. ამიტომ ტესტირება განხორციელდა ობიექტების შემდეგ რაოდენობებზე, 1, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000. კვლევა განხორციელდა №23 მაგალითზე სურ. 1, მას დაპროგრამების 3 მეთოდი შეესაბამება ცხრ. 3. ტესტის პერიოდში ხმაურის კოეფიციენტი შეადგენდა 0,82%-ს. მიღებული შედეგების მიხედვით RAM-ის გამოყენების მიხედვით, მცირე უპირატესობა აქვს Tube მეთოდს, ხოლო CPU Time-ის მოხმარების მხრივ საუკეთესო შედეგი აჩვენა ასევე Tube მეთოდმა. Tube და Cylinder მეთოდებს შორის CPU Time-ებს შორის სხვაობა ~5%-ს შეადგენს.

ტესტირება ჩატარდა ასევე №11 მაგალითზე, რომელიც ცილინდრული კლასის წარმომადგენელია სურ. 2, ტესტირება განხორციელდა ობიექტების შემდეგ რაოდენ-

ნობებზე, 1, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000. მას 2 დაპროგრამების მეთოდი შეესაბამება ცხრ. 4. პირველ შემთხვევაში გამოყენებულია 1 Cylinder მეთოდი, ხოლო მეორე შემთხვევაში იგივე შედეგი მიიღწევა 5 დამოუკიდებელი Tube მეთოდის გამოყენებით. ტესტირებისას ხმაურის კოეფიციენტი შეადგენდა 0,88%-ს.



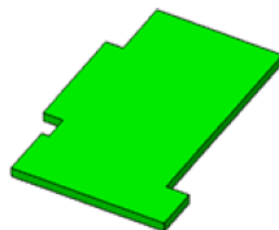
სურ. 2. №11 მაგალითი

ცხრ. 4. №11 მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები

#11-1	#11-2
001 Cylinder	001 Tube
	002 Tube
	003 Tube
	004 Tube
	005 Tube

Cylinder მეთოდმა RAM-ის გამოყენების მიხედვით დააფიქსირა საუკეთესო შედეგი ვიდრე 5 ცალმა Tube-მა, თუმცა როცა კვლევაში ობიექტების მცირე რაოდენობებია გამოყენებული მაგალითად 1000-ზე ნაკლები, მაშინ უფრო მეტ CPU Time-ს მოითხოვს Tube ვიდრე Cylinder, რაც შეეხება ისეთ შემთხვევებს, როცა დიდი რაოდენობებია გამოყენებული, მაშინ RAM-ებში სხვაობა 2%-მდე იზრდება Cylinder მეთოდის სასარგებლოდ. ხოლო CPU Time-ებს შორის სხვაობა 4,4%-ს შეადგენს Tube მეთოდის სასარგებლოდ.

რაც შეეხება წახნაგოვან კლასს სულ შესწავლილ იქნა 4 მეთოდი: Cube, Pyramid, Arbitrary და Symmetric. თავდაპირველად განხორციელდა შედარება ერთის მხრივ, მეთოდების სადაც გამოყენებულია Boolean-ის ოპერატორები და მეორეს მხრივ მის ალტერნატიულ მეთოდებს შორის, სადაც Boolean-ის ოპერატორები გამოყენებული არ არის. წახნაგოვანი ობიექტების რაოდენობა სიმულაციის პაკეტებში შეადგენს 40124 ცალს. აქედან 13814 Cube და 26310 pyramids. ამიტომ შესწავლილ იქნა ობიექტების შემდეგი რაოდენობები: 3000, 6000, 9000, 12000, 15000, 18000 და 40000. ტესტის პერიოდში ხმაურის კოეფიციენტი შედგენდა 3,92%-ს. კვლევა ჩატარდა №39 მაგალითზე (სურ. 3). მას დაპროგრამების 2 მეთოდი შეესაბამება №39-1 და №39-2. ცხრ. 5. მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, №39-2 Arbitrary მეთოდი ყოველთვის უკეთეს შედეგს აფიქსირებს ვიდრე №31-1-ში მოცემული მეთოდი, სადაც Boolean ოპერატორებია გამოყენებული. ობიექტების რაოდენობების ზრდასთან ერთად იზრდება სხვაობები როგორც RAM-ში ასევე CPU Time-ში. მაქსიმალური სხვაობა CPU Time-ებს შორის 8%-ს, ხოლო RAM-ებს შორის 20%-ს აღწევს.



სურ. 3. №39 მაგალითი

ცხრ. 5. №39 მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები

#39-1	#39-2
001 Cube	001 Arbitrary
002 Cube	
003 Cube	
004 Cube	
005 Cube	
006 Subtraction	
007 Subtraction	
008 Subtraction	
009 Subtraction	

შემდგომ ეტაპზე განხორციელდა შერეული კლასის მაგალითების ანალიზი. ტესტირება ჩატარდა №19 მაგალითზე. სურ. 4. მისი დაპროგრამების მეთოდები კი მოცემულია ცხრ. 6-ში. პირველ შემთხვევაში გამოყენებულია Arbitrary, Tube მეთოდთან და Boolean-ის ოპერატორებთან ერთად, ხოლო მეორე შემთხვევაში კი Pyramid, Tube მეთოდთან და Boolean-ის ოპერატორებთან ერთად. შესწავლილ იქნა ობიექტების შემდეგი რაოდენობები 1, 5, 10, 20, 25, 30. მიღებული შედეგები შემდეგნაირია, 10 ობიექტამდე რაოდენობის ტესტირების შედეგად უპირატესობა აქვს Pyramid მეთოდს, ხოლო ობიექტების რაოდენობის გაზრდასთან ერთად უპირატესობა გადადის Arbitrary მეთოდის მხარეს.



სურ. 4. №19 მაგალითი

ცხრ. 6. №19 მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები

#19-1	#19-2
001 Arbitrary	001 Pyramid
002 Tube	002 Pyramid
003 Subtraction	003 Subtraction
004 Subtraction	004 Subtraction
008 Subtraction	005 Tube
009 Subtraction	006 Subtraction
	007 Subtraction

### 3. აპრობაცია

კვლევის შედეგად მიღებული შედეგების ეფექტურობის დასადგენად განხორციელდა ATLAS-ის დეტექტორის ერთ-ერთი კომპონენტის Small Wheel-ის გეომეტრიული აღწერის გადაწერა 2 სხვადასხვა მეთოდით, პირველ შემთხვევაში მისი კოდი შეიქმნა კვლევების შედეგად დადასტურებული ოპტიმალური მეთოდებით, და მეორე პირიქით ყველაზე უარესი შედეგების მქონე მეთოდებით. უარეს შემთხვევაში ყველა Cube მეთოდი გადაიწერა Pyramid მეთოდით, ხოლო Tube მეთოდი კი Chain მეთოდით. რაც შეეხება Arbitrary-ებს, ოპტიმალურ ვარიანტში სულ გამოყენებულია 98 Arbitrary, აქედან ყველაზე მეტი არის 4 წერტილიანი, სულ 41 ცალი, ამიტომ კვლევაში გამოყენებულ იქნა სწორედ 4 წერტილიანი Arbitrary, ვინაიდან აქ ასევე გამოყენებულია სხვადასხვა რაოდენობის წერტილების მქონე Arbitrary მეთოდებიც, ამიტომ გამოთვლილ იქნა შესაძლო ცდომილება და მან შეადგინა 31%, ამ ცდომილების აღმოსაფხ-



ვრელად გასაშუალოვდა გამოყენებელი Arbitrary-ების წერტილების რაოდენობა და შედეგად კვლევაში გამოყენებულ იქნა 143 ცალი 4 წერტილიანი Arbitrary. საბოლოოდ განხორციელდა მათი სიმულაციაში ტესტირება. ხმაურის კოეფიციენტი ტესტირების მომენტში შეადგენდა 2,36%-ს შესაბამისად, CPU Time-ებს შორის სხვაობამ 1,06%, ხოლო RAM-ებს შორის სხვაობამ 1,2% შეადგინა. ATLAS-ის დეტექტორში პრიმიტივების რაოდენობა შეადგენს 47033799-ს, აქედან Small Wheel არის 802456. აქედან გამომდინარე კი, დეტექტორის მთლიანი გეომეტრიული აღწერების გათვალისწინებით მეთოდის ეფექტურობა CPU Time-ისთვის შეადგენს 62,1%-ს, ხოლო RAM-ისთვის კი 70,3%-ს ამრიგად, კვლევების შედეგად გაკეთდა დასკვნები:

1. სიმულაციის წარმადობაზე გეომეტრიული აღწერების გავლენის გამოკვლევის მიზნით შეირჩა 42 სატესტო მაგალითი და მათი დაპროგრამების 416 მეთოდი.
2. გეომეტრიული აღწერების მეთოდებს მნიშვნელოვანი გავლენა აქვთ სიმულაციის პროცესის წარმადობაზე
3. ცილინდრული ობიექტებისათვის დაპროგრამების მეთოდებს შორის ყველაზე კარგი შედეგი აქვს Tube მეთოდს რაც მკვეთრად გამოხატულია პროცესორის დატვირთვაში. იშვიათ შემთხვევებში კი Cylinder მეთოდს აქვს უპირატესობა, როცა ის წახნაგოვანი ზედაპირების დაპროგრამების მეთოდებთან არის კომბინაციაში, მაგალითად Arbitrary.
4. წახნაგოვან ობიექტებში Box ან Pyramid მეთოდებთან როცა გამოყენებულია Boolean მეთოდი ამ შემთხვევაში საუკეთესო მაჩვენებელი აქვს მათ აღტერნატიულ Arbitrary მეთოდს. რიგ შემთხვევებში ეს სხვაობა 20% აღწევს.
5. მიღებული შედეგების მიხედვით მეთოდის ეფექტურობა CPU Time-ისთვის შეადგენს 62,1%-ს ხოლო RAM-ისთვის კი 70,3%

#### ლიტერატურა

1. ATLAS Collaboration. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. 2010
2. <https://cds.cern.ch/record/841555> - 06/12/2019
3. ბესიკ კეკელია. ატლასის დეტექტორის ტოროიდული მაგნიტის შედარებითი ანალიზი სიმულაციის ამოცანებისათვის. -თბილისი, სტუ, 2018, 105 გვ.
4. ATLAS. The ATLAS Common Framework. 2004
5. Geant4 Collaboration "Geant4 A Simulation Toolkit"/Book for Application Developers, Release 10.4, Rev1.0:Dec 8th, 2017
6. D.Costanzo et al. "ATLAS Detector Simulation: Status and Outlook"/2005
7. Flavia de Almeida Dias "The New ATLAS Fast Calorimeter Simulation"/ICHEP2016, 5 August, 2016

#### SUMMARY

#### EFFECT OF THE METHODS OF PROGRAMMING OF GEOMETRIC DESCRIPTIONS ON THE PRODUCTIVITY OF SIMULATION OF ATLAS SIMULATION

**Kekelia B.D.**

**Georgian Technical University**

The simulation of the ATLAS experiment is an important process, since, if the results of the real experiment and the simulation coincide, then deeper and more comprehensive scientific research can be conducted in the simulation rather than in real experiment. The ATLAS experiment simulation is based on the Geant4 (Geometry and Tracking) modeling package. Performance is very important parameter in the simulation. The simulation performance is calculated by looking at CPU and RAM load. ATLAS detector geometric descriptions are input of Geant4. The article describes how programming methods of geometric descriptions influence performance of the simulation.

**Keywords:** ATLAS Experiment, simulation, CERN, performance, Geant4

სატექნიკური მანერების ზორმირება ატლასის მსპერიმენტის  
სიმულაციის ამოცანებისთვის

კეკელია ბ.დ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## 1. შესავალი

მსოფლიოში მიმდინარე ბირთვული ფიზიკის პროექტებს ზორის ერთერთი განსაკუთრებული ადგილი LHC (large Hadron Collider)-ის ექსპერიმენტს უკავია [1,2]. LHC-ის შექმნის ძირითადი მიზანია – სტანდარტული მოდელის ექსპერიმენტალური დადასტურება. სტანდარტული მოდელის დადასტურებისთვის საჭიროა, დიდი მასის მქონე Z ბოზონის და ჰიგსის ბოზონის ექსპერიმენტალურად აღმოჩენა. LHC-ის ექსპერიმენტში ნაწილაკების დეტექტირებისათვის 4 ძირითადი დეტექტორია გამოყენებული [3,4]. LHC-ის ექსპერიმენტში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია ATLAS-ის დეტექტორი. ATLAS-ის დეტექტორში ნაწილაკების შეჯახების შედეგად მიიღება დიდი რაოდენობით ინფორმაცია, დაახლოებით 300 მბ წამში [5]. მისი დამუშავება ხორციელდება ATLAS-ის offline პროგრამულ უზრუნველყოფაში – Athena. Athena-ში მიმდინარეობს ATLAS-ის ექსპერიმენტის სიმულაცია. სიმულაცია მნიშვნელოვანი პროცესია, გამომდინარე იქიდან, რომ თუ რეალური და მოდელირებული ექსპერიმენტის შედეგები ერთნაირი იქნება რიგი ექსპერიმენტების შესაძლოა ჩატარდეს ვირტუალურად. სიმულაციის პროცესი დაფუძნებულია მოდელირების პაკეტზე Geant4 (Geometry and Tracking) [6,7].

სიმულაციაში დაახლოებით 5–7 მილიარდი ივენთის გენერაცია ხდება და მათი მოდელირებისათვის 77 მილიონი საათია საჭირო, აქედან გამომდინარე დღის წესრიგში დგება წარმადობის ამოცანა [8]. ის ბევრ ფაქტორზე დამოკიდებული მაგრამ ერთ-ერთი უმთავრესი არის დეტექტორის გეომეტრიული აღწერები. რა გავლენას ახდენს ის სიმულაციის წარმადობაზე შეუსწავლელია, ამიტომ გეომეტრიული აღწერების და დაპროგრამების მეთოდების შერჩევა და მათი წარმადობაზე გავლენის გამოსაკვლევა, წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას.

## 2. გეომეტრიული აღწერების შერჩევა ATLAS-ის ექსპერიმენტის სიმულაციის წარმადობაზე მათი გავლენის გამოსაკვლევა

ATLAS-ის ექსპერიმენტის სიმულაციის გეომეტრიული აღწერები 2 წყაროდან მიეწოდება [9]. 1-ლი ეს არის GeoModel, სადაც აღწერილია დეტექტორის აქტიური კომპონენტები და მე-2 XML სადაც აღწერილია დეტექტორის პასიური კომპონენტები. ჯამში მილიონზე მეტი ვოლუმი ატლასის ექსპერიმენტის სიმულაციაში გამოყენებული [10]. ისინი სხვადასხვა დაპროგრამების მეთოდებით არიან აღწერილები. მაგალითად: Box, Tube, arbitrary, symmetric და ასევე Boolean-ის ოპერატორები union intersection subtraction საშუალებით. პირველ ეტაპზე განხორციელდა ATLAS-ის დეტექტორის ტიპური გეომეტრიული აღწერებიდან სატესტო მაგალითების გამოყოფა. ჯამში 66 მაგალითი გამოყალიბდა. შემდგომ ეტაპზე კი განხორციელდა ამ მაგალითების კლასიფიკაცია შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

1. ობიექტები რომლებსაც ცილინდრული ზედაპირები გააჩნიათ დაჯგუფდნენ ცილინდრული ობიექტების კლასში. სურ. 1;
2. ობიექტები, რომელთაც წახნაგოვანი ზედაპირები გააჩნიათ განთავსდნენ წახნაგოვანი ობიექტების კლასში. სურ. 2;
3. ობიექტები, რომელთა შესაქმნელად საჭიროა როგორც ცილინდრული ასევე წახნაგოვანი პრიმიტივები, განთავსდნენ შერეული ობიექტების კლასში. სურ. 3;



I შემთხვევაში კი მათი ალტერნატივა არის მხოლოდ ერთი მეთოდი Arbitrary, აქედან გამომდინარე II შემთხვევა წარმოადგენს თეორიულ მეთოდებს.

**ირაციონალური მეთოდების გამორიცხვა** – ამ შემთხვევის განხილვისას, მეთოდების გაფილტვრის კრიტერიუმად გამოყენებული იქნა დაპროგრამების მეთოდების ტოპოლოგია. მაგალითად Cube-ის დაპროგრამების მეთოდი არის შემდეგი:

```
<box name="Box" material="Aluminium" X_Y_Z="" />
```

კოდიდან ჩანს, რომ ამ მეთოდით Cube იკება 1 ტრანზაქციით „X\_Y\_Z="" იწერება პრიმიტივის პარამეტრები. განვიხილოთ arbitrary მეთოდი, ამ მეთოდის ტოპოლოგია შემდეგნაირია:

```
<gvxy name="Polygon" material="Copper" dZ="1500.">
<gvxy_point X_Y="-1250.;-1000." />
<gvxy_point X_Y="0.;1000." />
<gvxy_point X_Y="1250.;250." />
<gvxy_point X_Y="250.;-750." />
</gvxy>
```

Arbitrary-ით ობიექტის ასაგებად 2 ტრანზაქციაა საჭირო. 1-ლი „gvxy\_point X\_Y="" რომლის საშუალებითაც იკვრება პოლიგონი და მე-2 „dZ="" რისი საშუალებითაც ამ პოლიგონს მიენიჭება მოცულობა. 3 ტრანზაქციაა საჭირო Symmetric მეთოდის გამოყენებისას:

```
<gvxysx name="SymmetricPolygon" material="Carbon" dZ="1500.">
<gvxy_point X_Y="-1250.;1000." />
<gvxy_point X_Y=" -500.;-750." />
</gvxysx>
```

1-ლი ტრანზაქცია არის ის, რომ „gvxy\_point X\_Y=""-ის საშუალებით მეთოდს უნდა მიეწოდოს პოლიგონის კოორდინატები, საკოორდინატო სისტემის ერთ მხარეს, ხოლო მე-2 მხარის კოორდინატებს მეთოდი სარკისებურად ავტომატურ რეჟიმში აიღებს და ეს წარმოადგენს მე-2 ტრანზაქციას. რაც შეეხება მე-3 ტრანზაქციას ეს არის dZ="", რომლის საშუალებითაც პოლიგონს მიენიჭება მოცულობა. შედეგად გამოდის, რომ ამ მსჯელობით საუკეთესო მეთოდი არის Box.

**მსგავსი ტოპოლოგიების გამორიცხვა** – ცხრ. 3-ში მოცემულია 2 სხვადასხვა მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები: როგორც ცხრილიდან ჩანს მეთოდებს ერთნაირი ტოპოლოგია აქვთ. ამიტომ ერთ-ერთი მათგანი კვლევაში გათვალისწინებული არ იქნება.

ცხრ. 3. 2 სხვადასხვა მაგალითის დაპროგრამების მეთოდები

I	II
Cube/pyramid	Cube/pyramid
Cube/pyramid	Cube/pyramid
Subtraction	Subtraction

ზემოთ განხილული კრიტერიუმებით დაპროგრამების მეთოდების კლასიფიცირების შედეგად დარჩა 42 მაგალითი თავისი 416 დაპროგრამების მეთოდით. აქედან 135 არის წახნაგოვანი კლასის წარმომადგენელი, 29 ცილინდრული და 252 შერეული. რომლებიც შემდგომ გამოყენებულნი იქნებიან კვლევაში იმის დასადგენად, თუ რა გავლენა აქვს გეომეტრიული აღწერების დაპროგრამების მეთოდებს სიმულაციის პროცესის წარმადობაზე.

ამრიგად, დადგინდა, რომ

1. გამოიყო ATLAS-ის დეტექტორის ტიპური პრიმიტივების 3 კლასი, ცილინდრული, წახნაგოვანი და შერეული.

2. გამოიყო 42 სატესტო მაგალითი თავისი 416 დაპროგრამების მეთოდით, აქედან ცილინდრულ კლასში დაჯგუფდა 7 მაგალითი 29 დაპროგრამების მეთოდით, წახნაგოვან კლასში 16 მაგალითი 135 დაპროგრამების მეთოდით და შერეულ კლასში 19 მაგალითი 252 დაპროგრამების მეთოდით.

#### ლიტერატურა

1. ATLAS Collaboration. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. 2010
2. ბესიკ კეკელია. ატლასის დეტექტორის ტოროიდული მაგნიტის შედარებითი ანალიზი სიმულაციის ამოცანებისათვის. თბილისი, სტუ, 2018, 105 გვ.
3. ნიკო ცუცქერიძე. ATLAS-ის დეტექტორის გეომეტრიული აღწერის დამუშავება სიმულაციისა და რეკონსტრუქციის პროგრამული პაკეტებისათვის. –თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2016, 152 გვ.
4. ATLAS. The ATLAS Common Framework. 2004
5. ATLAS. Athena - The ATLAS Common Framework. 2001
6. S. Agostinelli. //J. Allison, et al. Geant4—a simulation toolkit. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. A 506 250–303. 2003
7. D. Costanzo, A. Dell’Acqua, A. Di Simone, M. Gallas, A. Nairz, et al. ATLAS detector simulation: status and outlook. 2005
8. Flavia de Almeida Dias “The New ATLAS Fast Calorimeter Simulation”.ICHEP2016. 2016
9. Geant4 Collaboration “Geant4 A Simulation Toolkit”/Book for Application Developers, Release 10.4, Rev1.0:Dec 8th, 2017
10. D.Costanzo et al. “ATLAS Detector Simulation: Status and Outlook”/2005

#### SUMMARY

#### FORMATION OF TEST EXAMPLES FOR THE PROBLEMS OF SIMULATION OF ATLAS EXPERIMENT

**Kekelia B.D.**

**Georgian Technical University**

One of the important parameters of the ATLAS experiment simulation is geometric descriptions. There is a speculation that they affect performance of the simulation process. ATLAS experiment simulation is run in Geant4 (Geometry and Tracking) modeling package. Simulation takes geometries form several different sources and this geometric description are made by different programming methods. The article discusses the selection of test examples and their programming methods that should be used to investigate the impact of geometric descriptions on the simulation process.

**Keywords:** geometric description, simulation, CERN, performance, ATLAS experiment.

რადიო სიგნალების დამუშავების ადაპტიური მოდელი შემდეგი თაობის რადიო სისტემებისთვის

კვერნაძე მ.ა., ზანგალაძე ა.პ., კვიციანი შ.გ., კვერნაძე ს.ა., ბერიძე ჯ.ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

სადღეისოდ, სიგნალების მიღება-გადაცემის სისტემებში გამოიყენება ფიქსირებული, შაბლონური სიგნალის დამუშავების ალგორითმები. ამ ალგორითმების საფუძველი არის მათემატიკური მოდელები, რომლებზეც მუშაობდა არაერთი გამოჩენილი მეცნიერი. ჯერ კიდევ 1822 წელს, როდესაც რადიო ტექნოლოგიები არ არსებობდა, ფრანკმა მათემატიკოსმა ჯოსეფ ფურიემ აღმოაჩინა პერიოდული ფუნქცია [1], რომელიც შედგება პარმონიულად დაკავშირებული სინუსოიდებისგან. ამ ფუნქციას უწოდებენ ფურიეს მწკრივებს. დღეს ასეთი ფუნქციის საშუალებით ხდება სიგნალების სხვადასხვა პარმონიული რხევებით გადაცემა ისე, რომ ამ რხევების ერთმანეთზე ზედდების შემთხვევაშიც კი, ჩვენ მათემატიკურად მაინც შეგვიძლია ამოვიცნოთ ეს ყველა რხევა. ეს მოდელი გათვლილი არის მარტო პარმონიული რხევების სისტემებზე, სადაც ამ რხევების სიხშირე განსხვავებულია. სამწუხაროდ სიგნალის ფორმირებისას, რადიო კომპონენტებში გავლისა და ეთერში გავრცელებისას ეს პარმონიულობა ირღვევა. პარმონიული რხევა იცვლის ფორმას. ფორმის შეცვლა იწვევს ახალი პარმონიული მდგენელების წარმოქმნას და სხვა სიგნალებისთვის ხელის შეშლას, რადგან ეს პარმონიული მდგენელები ემთხვევა სხვა სიგნალების პარმონიული მდგენელების სიხშირეს. ამის გამო სიგნალის ფორმირებას აქვს დიდი მნიშვნელობა. სიგნალის ფორმირებას ცდილობენ მინიმალური გვერდითი მდგენელების წარმოქმნით. უსარგებლო, ხელშემშლელი გვერდითი მდგენელები გაცილებით უფრო მცირე ზომისაა ვიდრე ორიგინალი სიგნალის მდგენელები, მაგრამ რეალური სიტუაცია არც ისე მარტივია. რადიო გავრცელების სისტემებში სიგნალის მიღებული დონე შეიძლება მერყეობდეს ჯერებზე. სიგნალის მიმღებმა მოწყობილობამ შეიძლება მიიღოს სიგნალის ორიგინალი სიმძლავრის  $10^{-5}$  ან  $10^{-14}$  ნაწილებიც კი. სხვადასხვა სიხშირეზე მოსულ სიგნალებს შორის დიდ დონეთა სხვაობის შემთხვევაში, ერთი სიგნალი ხელს შეუშლის მეორე სიგნალს. ხელშეშლა არ მოხდება თუ სასარგებლო სიგნალი უფრო ძლიერი და მკვეთრია ვიდრე სხვა სიგნალების გვერდითი მდგენელები, რომლებიც ემთხვევა ძირითად სიგნალს. სიგნალთა ეფექტური სხვაობა დამოკიდებულია მოდულაციისაზე. დღევანდელ სისტემებში გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის მოდულაცია, რომელიც ასევე დამოკიდებულია სიგნალის ამპლიტუდაზეც. მეხუთე თაობის მობილურ სისტემებში ასეთებია: QAM16, QAM64, QAM256 [2]. ასეთი რიგის მოდულაციები დამოკიდებულია როგორც სიგნალის ფაზაზე, ასევე სიგნალის დონეზე, შესაბამისად არიან ნაკლებად ხელშეშლამგრადი სხვა სიგნალების გვერდით მდგენელების მიმართ. მობილურ სისტემებში სასარგებლო სიგნალის დონეთა დომინირებისთვის ხდება სიგნალის სიმძლავრის კონტროლი. როდესაც სასარგებლო სიგნალი არ არის საკმარისად მკვეთრი საბაზო სადგური იწყებს სიმძლავრის გაზრდას, რათა მისი სიგნალი იყოს უფრო ძლიერი ვიდრე სხვა ადგილებიდან მოსული რადიო ხმაურები. ასეთი მიდგომა გამართლებულია კონკრეტულ პირობებში, ადგილებში სადაც არის მცირე რაოდენობის საბაზო სადგურები ან მათი დატვირთვა არის მცირე. რეალურ პირობებში, დატვირთულ საათში, საბაზო სადგურებს შორის შექმნილი რადიო ხმაურის გამო სიგნალების სიმძლავრის გაზრდის შემთხვევაში ხმაურის დონე მხოლოდ იწვევს მალდა. ეს ნიშნავს, რომ ტელეფონს ან სხვა რადიო მოწყობილობას უწევს მეტი ენერჯის დახარჯვა, მაგრამ ჯამში სისტემის გამტარუნარიანობა არ იზრდება. მეხუთე თაობის მობილური სისტემების გამტარუნარიანობა ძირითადად გაზრდილია ახალი რადიო სპექტრების ათვისების ხარჯზე. მეოთხე თაობასთან შედარებით რადიო შეღწევის ტექნოლოგია დიდად არ შეცვლილა. სისტემის ტევადობა შეზღუდულია. დატვირთული საათების დროს სისტემის რესურსი გადანაწილებულია მომხმარებლებს

შორის და რაც მეტია მომხმარებელი და მოხმარება მით უფრო ნაკლებია თითოეულის გადაცემის სიჩქარე. გარდა ამისა, იწვევს ცალკეული მოწყობილობებით შექმნილი რადიო ხმაურები და შედეგად სისტემის ეფექტურობა მცირდება. ამ სისტემებში გამოყენებულია ფიქსირებული, შაბლონური ფუნქციები. ეს ფუნქციები ოპტიმალურია ძირითად შემთხვევებისთვის, თუმცა ერთი და იგივე ფუნქციების გამოყენება ყველა შემთხვევას ეფექტურად ვერ მოერგება. ჩვენ ვთავაზობთ ახალი ფუნქციონალის დამატებას, ჭკვიანი დამუშავების რეჟიმს. გარდა არსებული ალგორითმებისა და რადიო სიგნალების დამუშავების ხერხებისა, იქნება ასევე მოქნილი ადაპტიური მექანიზმები. ამის გაკეთების საშუალებას იძლევა SDR(Software-defined radio)-ი. სადღეისოდ, რადიო ერთეულების სიგნალის დამუშავება ხდება პროგრამულად და არა ფიზიკურად, როგორც ეს იყო ადრე. ბაზარზე საბაზო სადგურის რადიო ერთეულების მწარმოებელი არსებული მოწინავე ყველა ფირმა უკვე იყენებს SDR-ს საშუალებას. გარკვეული დონით ეს ნიშნავს იმას, რომ ახალი მოდულაციების დანერგვა თეორიულად შესაძლებელი უნდა იყოს უკვე არსებულ მოწყობილობებზე.

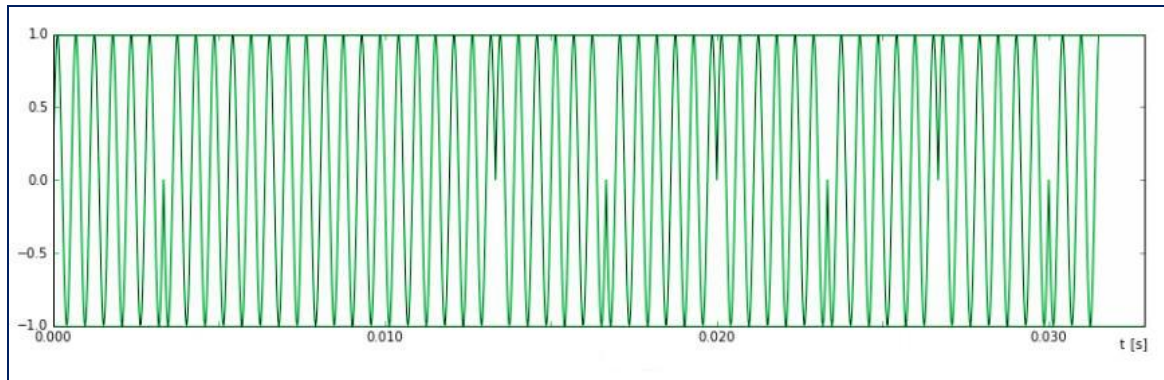
1943 წელს ვორენ მაკ-ქულოკმა და უოლტერ პიტცმა გამოაქვეყნეს ნაშრომი სახელად „ზღურბლის ლოგიკა“ [3]. აქ აღწერეს ნეირონული აქტივობისა და გენერაციული პროცესების საეტაპო თეორიული ფორმულირება. სხვა სიტყვებით, აქ აღწერილი იყო ტვინის უჯრედების მუშაობის მოდელი. დროთა განმავლობაში გამოვიდა სხვა პუბლიკაციებიც, მაგრამ ყველაფერ ამას არ ჰქონდა დიდი პრაქტიკული რეალიზაცია 21-ე საუკუნის დაწყებამდე. სათვლელი და პროგრამული საშუალებების განვითარებისა და გაზრდის შედეგად დაიწყო ეგრეთ წოდებული ნეირონული ქსელების განვითარება და მათი პრაქტიკაში გამოყენება. ასეთი ქსელები გამოიყენება სახის, პოზის და ხმის ამოცნობაში. ჩვენი სტატია ეხება რადიო მიღება-გადაცემის სისტემებში ნეირონული ქსელის შედგენასა და შეფასებას.

### ფიქსირებული მოდულაციის ხერხები

ანალოგური მოდულაციის ერთ-ერთი საკითხია ის, რომ თითქმის ვერასოდეს მიიღებთ ზუსტად ისეთ სიგნალს, რომელსაც გადასცემთ. ის ყოველთვის დაბინძურებული იქნება სისტემის დეფექტებით, ხმაურით და სხვა დევიაციებით. სიგნალი რიგიანად დეგრადირდება, მაგრამ ინფორმაციის მოპოვება მაინც შეიძლება ძალისხმევითი ჩარევებისა და სიგნალისა და ხმაურის დაბალი თანაფარდობით. ამის საპირისპიროდ, ციფრულ კომუნიკაციებში ჩვენ ვანაწილებთ რაოდენობრივ ციფრულ მონაცემებს. იმის გამო, რომ ინფორმაცია ციფრულია, კომუნიკაციების ეს ფორმა გეთავაზობს გადაცემული სიგნალის სრულყოფილი რეპროდუქციის უპირატესობას. ანალოგური კომუნიკაციების მსგავსად, ციფრული მონაცემების კოდირება სხვადასხვანაირად შეიძლება ფაზის, ამპლიტუდის და სიხშირის გამოყენებით. ამის კოდირება შესაძლებელია ორობითი ნაკადის გამოყენებით. ის ასევე შეიძლება დაშიფრული იყოს სიმბოლოებით. ფიქსირებული კოდის პრობლემის დასაძლავად ავარჯიშებული სტანდარტული მოდულაციის მოდელი. ამის გასაკეთებლად ვიყენებთ Python პროგრამულ ენას და მის სტანდარტულ ბიბლიოთეკებს.

```
np.random.seed(seed=1)
bitebi = randn(10,1) > 0
A = np.tile(bitebi*2-1,(1,147))
t = r_[0.0:10*147]/44100
signali = A.ravel()*sin(2*pi*1800*t)
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(t, signali)
xlabel('t [s]')
```

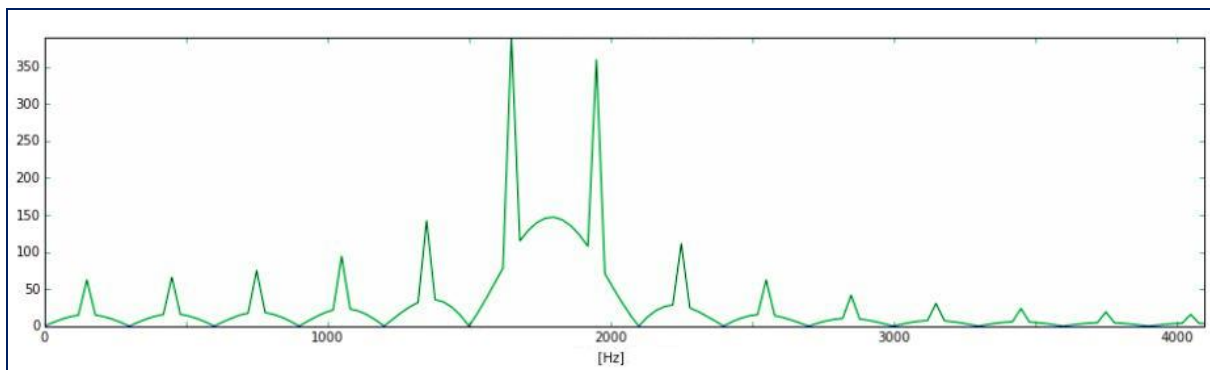
მიღებული სიგნალი იხილეთ ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. Python სკრიპტით მიღებული BPSK სიგნალი

მოცემული BPSK გამოყენებული მიდგომა არ არის იდეალური. ამის დანახვა შეგვიძლია სპექტრის წერტილებით. შემდეგი სკრიპტით გავატაროთ ეს სიგნალი FFT(Fast Fourier transform) ფუნქციაში, შემდეგ მცირე მათემატიკური კორექტირებით დავხაზოთ ამ სიგნალის სპექტრი:

```
f = r_[0:147/2.0]/147*44100
signali_furie = (np.fft.fft(signali))
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(f,abs(signali_furie[0:len(signali_furie)/2]))
xlabel(' [Hz]')
axis((0,4096,0,max(abs(signali_furie))))
მიღებული სპექტრის სურათი იხილეთ ნახ. 2-ზე.
```

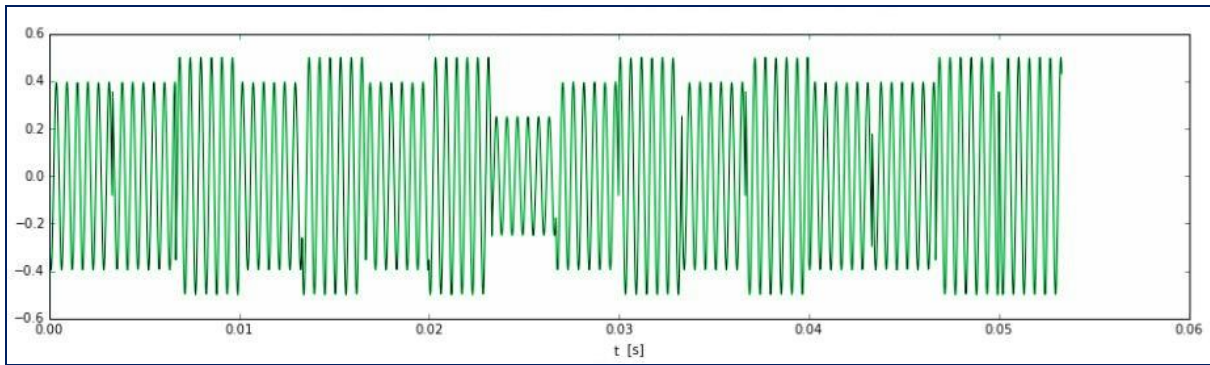


ნახ. 2. Python სკრიპტით მიღებული PSK სიგნალის სიხშირული სპექტრი

ახლა ავაგოთ QAM16 (Quadrature Amplitude Modulation 16) მოდულაცია შემდეგი სკრიპტით:

```
kodi = np.array((-2-2j, -2-1j,-2+2j,-2+1j,-1-2j,-1-1j,-1+2j,-1+1j,+2-2j,+2-1j,+2 +2j,+2+1j,1-2j,+1-1j,1+2j,1+1j))/2
np.random.seed(seed=1)
bitebi = np.int16(rand(16,1)*16)
A = np.tile(kodi[bitebi],(1,147))
t = r_[0.0:10*147]/44100
signali = real(A.ravel()*exp(1j*2*pi*1800*t))/sqrt(2)/2
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(t,signali.real)
xlabel('t [s]')
მიღებული სიგნალი იხილეთ ნახ. 3-ზე
```

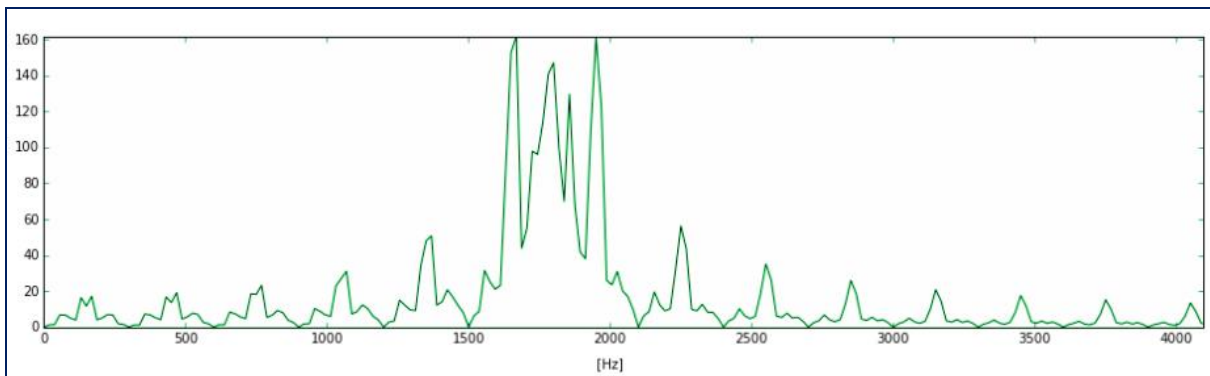




ნახ. 3. Python სკრიპტით მიღებული QAM16 სიგნალი

შემდეგი სკრიპტით გავატაროთ ეს სიგნალი FFT ფუნქციაში, შემდეგ მცირე მათემატიკური კორექტირებით დავხაზოთ ამ სიგნალის სპექტრი:

```
f = r_[0:10*147/2.0]/10*147
signali_furie = (np.fft.fft(signali))
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(f,abs(signali_furie [0:len(signali_furie)/2]))
xlabel('[Hz]')
axis((0,4096,0,max(abs(signali_furie))))
im = zeros(10*147,dtype='complex')
im[:,147] = code[bitebi].ravel()
h = signal.firwin(147*4,1.0/147)
im_s = signal.fftconvolve(im,h,mode='full')
t = r_[0.0:len(im_s)]/fs
signali_s = real(im_s*exp(1j*2*pi*1800*t))
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(t,signali_s)
xlabel('t [s]')
f = r_[0:len(im_s)/2.0]/len(im_s)*44100
signali_sf = (np.fft.fft(signali_s))
gamosaxuleba = figure(figsize = (16,4))
plot(f,abs(signali_sf[0:len(signali_sf)/2+1]))
xlabel('[Hz]')
axis((0,4096,0,max(abs(signali_sf))))
მიღებული სპექტრის სურათი იხილეთ ნახ. 4-ზე
```



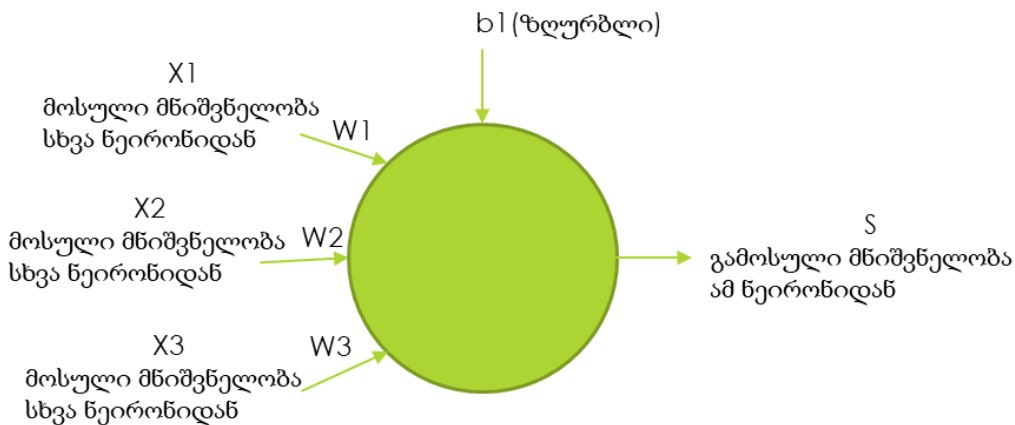
ნახ. 4. Python სკრიპტით მიღებული QAM16 სიგნალის სიხშირული სპექტრი

მართალია აქ ჩვენს მიერ გამოყენებული მეთოდები არ არის საუკეთესო და არსებობს დამუშავების სხვადასხვა და უკეთესი ხერხებიც, მაგრამ მთავარი აზრი ამ

ყველაფერში არის ის, რომ შემდეგ პარაგრაფში დავინახოთ ნეირონული ქსელის მოდულაციის პოტენციალი. რეალურ პირობებში დამუშავებული ფორმის სიმბოლოები მაინც ქმნიან გვერდით მდგენელებს, შესაბამისად მრავალი არხის შემთხვევაში მდგენელების დონე მაინც აიწევს. რადგან ჩვენ გვაქვს შეხება ერთეულ არხებზე, ამ ეტაპზე, შევჯერდებით ამ მეთოდებზე. ჩვენი შემდეგი ეტაპია გავაუმჯობესოთ მოდულაციის ტიპები გვერდითი მდგენელების შემცირების გზით.

### ნეირონულ ქსელზე მსჯელობა

ამ სტატიაში ვაპირებთ გამოვიყენოთ უკვე არსებული ნეირონული ქსელების მეთოდები და მიღწევები. აქ ნეირონული ქსელი არის მხოლოდ ჩვენი ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებით ვაპირებთ ავაგოთ რადიო მიმღები და გადამცემი. ნეირონული ქსელები ფართო გამოყენებაშია სხვა დარგებში როგორც არის: ხმის ან გამოსახულების ამოცნობა, აუდიო ხარისხის გაუმჯობესება, ნაწილაკების ფიზიკის სიმულაცია და ბევრი სხვა. სადღეისოდ, მე-4 და მე-5 თაობის რადიო სისტემებში არ არსებობს რადიო დამუშავების ნეირონული ქსელის საშუალება. ამ სისტემებში გამოყენებულია ფიქსირებული შაბლონური დამუშავების სქემები. უმეტეს შემთხვევაში, ეს სქემები საკმაოდ ოპტიმალურები არიან, მაგრამ არ აქვთ კარგი ადაპტიური უნარები. კერძო შემთხვევებში ისინი ბოლომდე ვერ ზრდიან რადიო ეფექტურობას. ნეირონული ქსელების უპირატესობა მისი ადაპტაციის საშუალებაა. პირველი ნეირონული ქსელების განვითარება ემყარებოდა ნეირონული კავშირების ძალიან მარტივ მოდელს. ნეირობიოლოგის ფრენკ როზენბლატის მიერ შექმნილი „Mark I Perceptron“ მანქანა წარმოადგენს ნეირონებს შორის ხელოვნური კავშირების მეთოდს. ნეირონებს შორის ხელოვნური კავშირები შეიძლება შეიცვალოს ზედამხედველობის ქვეშ მყოფი სასწავლო პროცესის საშუალებით, რაც ამცირებს შეუსაბამობას რეალურ და მოსალოდნელ შედეგებს შორის [4]. ნეირონული ქსელის ზოგადი პრინციპი მდგომარეობს ბევრი შემთხვევითი ნეირონების ჯაჭვებით შექმნილი სქემებიდან საუკეთესოს შერჩევაში და მათ თვით ევოლუციაში. მათი ეფექტურობა უკვე მკაფიოდ დამტკიცებულია სხვა სფეროებში. ნეირონული ქსელი შედგება ნეირონებისგან, რომლებსაც ერთმანეთთან აქვთ შემავალი და გამავალი ჯაჭვები. შემავალ ჯაჭვებს აქვთ თავიანთი წონები  $W_x$ . ეს წონები მრავლდებიან ჯაჭვიდან მოსულ მნიშვნელობებზე. ჩვენ შემთხვევის მაგალითზე, პირველად ნეირონების შემავალ ჯაჭვებში შედის რადიო არხით მიღებული სიმძლავრის დისკრეტული ანათვლები. ნეირონის გამავალი ჯაჭვიდან გამოდის ყველა მისი შემავალი ჯაჭვებით მიღებული მნიშვნელობების ჯამი. გამავალი ჯაჭვები მიდის სხვა ნეირონში შემავალი ჯაჭვის სახით ან საბოლოო შედეგის ჯაჭვში. გარდა წონებისა ნეირონს ასევე აქვს ზღურბლი  $b_x$ , რომელიც ასევე იჯამება შემავალ ჯაჭვებთან ერთად. ზღურბლის არსებობა იმის საშუალებას იძლევა, რომ ნეირონის გამავალი მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული მარტო შემავალ მნიშვნელობებზე. სურ. 5-ზე ნაჩვენებია ხელოვნური ნეირონის სქემა.



ნახ. 5. ხელოვნური ნეირონის სქემა

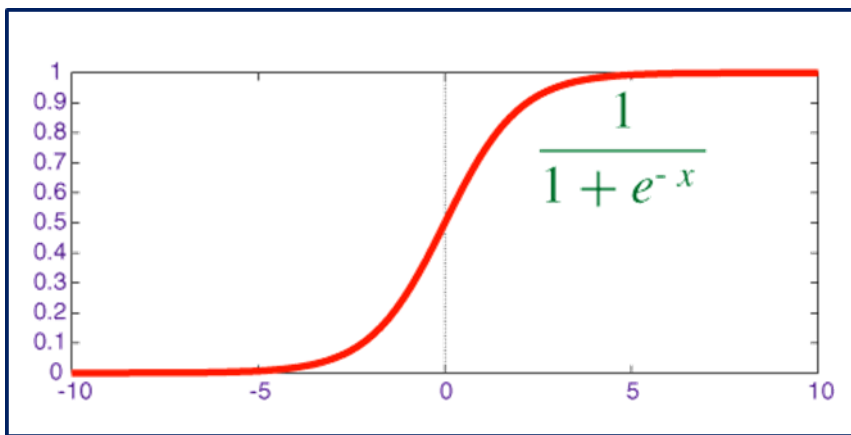
აქ ნეირონიდან გამავალი მნიშვნელობა შ არის შემდეგი:

$$S = \sum_i X_i \times W_i + b_1 \quad (1)$$

ამის ფორმულირება პითონის დაპროგრამების ენაზე შეგვიძლია ავსახოთ შემდეგნაირად:

```
for i in range(1, 3):
    S = S+X(i)*W(i)
S = S +b(1)
```

ზოგადად, ხდება ნეირონის გამავალი მნიშვნელობების ნორმალიზაცია. არსებობს ნორმალიზაციის სხვადასხვა ფუნქცია. ერთერთი ასეთი არის სიგმოიდური აქტივაციის ფუნქცია, რომელიც გადაიყვანს გამავალ განუსაზღვრულ მნიშვნელობებს განსაზღვრულ დიაპაზონში. ეს დიაპაზონი არის 0-დან 1-მდე და მისი გრაფიკი შეგიძლიათ იხილოთ ნახ. 6-ზე.



ნახ. 6. სიგმოიდური აქტივაციის ფუნქცია

სიგმოიდური ფუნქციის განტოლებაა:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} = \frac{e^x}{1 + e^x} \quad (2)$$

ამის ფორმულირება პითონის დაპროგრამების ენაზე შეგვიძლია ავსახოთ შემდეგნაირად: `def sigmoid(x):`

```
return np.exp(x)/(1 + np.exp(x))
```

ნეირონული ქსელის მთავარი ამოცანაა შეარჩიოს წონებისა და ზღურბლების მნიშვნელობები. ეს ხდება ქსელის ეგრეთ წოდებულ ოპტიმიზაციის ეტაპზე. ეს ზოგადად გულისხმობს ტესტირების საფუძველზე მრავალი შემთხვევითი მნიშვნელობების კრებულებიდან საუკეთესოს შერჩევას, შემდეგ მის რაოდენობრივ გამრავლებას, თითოეულის ინდივიდუალურად მოდიფიკაციას და ისევ საუკეთესოს შერჩევას იქამდე სანამ არ გვექნება მიღწეული კარგი შედეგები. არსებობს განსხვავებული ოპტიმიზაციის ხერხები. მათ აქვთ სხვადასხვა მიდგომა თუ როგორი მიდგომით ცვალონ ზღურბლებისა და წონების მნიშვნელობები. მაგალითად, ასეთია თავდაპირველი უკუპროპაგაციის ალგორითმი. ასევე არსებობს ეგრეთ წოდებული გენეტიკური ალგორითმები. ესენი არიან საძიებო ალგორითმები, რომლებიც დაფუძნებული არიან „ბუნებრივ შერჩევაზე“. ეს მეთოდები აერთიანებენ დარვინის გადარჩენის სტილს [5]. ოპტიმიზაციის ალგორითმი მონაწილეობას იღებს მხოლოდ ნეირონული ქსელის პარამეტრების მოდიფიკაციაში იქამდე სანამ არ გვექნება საბოლოო წარმატებული ნეირონული ქსელი. ოპტიმიზაციის დასულების შემდეგ ნეირონული ქსელის სქემა მზად არის თავისი ფუნქციის შესასრულებლად და შესაბამისად რადიო მიღება/გადაცემაში არ მიიღებს მონაწილობას. შესაძლოა ოპტიმიზაციის ალგორითმის პერიოდულად ცვლაც. აქ მისი

პრინციპულობა გამოიხატება მხოლოდ ნეირონული ქსელის სწავლების ეფექტურობაზე და უშუალო გავლენას არ ახდენს საბოლოო მზა ნეირონულ ქსელზე.

### სიგნალის მოდულაცია ნეირონული ქსელის გამოყენებით

მოდულაციის და დემოდულაციის შედეგად იქმნება გვერდითი მდგენელები, ეს განპირობებულია როგორც მათემატიკური მოდელირებით, ასევე არაიდეალური სტრუქტურის საკაბელო სისტემებში გავლით და ეთერში გავრცელებით. შედეგად სიგნალის ფორმა არის შეცვლილი და სწრაფი ფურიეს გარდაქმნის ფუნქციაში გატარების შემდეგ გვაქვს მიღებული არა სასურველი ჰარმონიული მდგენელები. ეს მდგენელები შეიძლება არ ახდენდნენ თვითინტერფერენციას, მაგრამ ხელს უშლიდნენ სხვა სიგნალს. ყველა შემთხვევაში ასეთი მდგენელების წარმოქმნა ზრდის ხმაურის დონეს. ამ ეტაპზე უკეთესია არსებული მოდულაციის მათემატიკური მოდელის ნეირონულ ქსელში გადაყვანა. გადამცემი მოდულაციას გააკეთებს ნეირონული ქსელის საშუალებით, ხოლო დემოდულაცია მოხდება ჩვეულებრივი დემოდულატორით. ამით ჩვენ გვინდა არსებული დამუშევებული მოდულაციის ეფექტურობის გაზრდა. სანამ დავიწყებდით ქსელის შედგენას, უნდა განვსაზღვროთ კორელაცია პარამეტრებს შორის. მაგალითად კლასიკური სიხშირული მოდულაციის დროს სიგნალის მანიშნებელია სიხშირის ცვლა. გვაქვს ცენტრალური ერთი სიხშირე და ემატება მეორე სიხშირე, რის შემდეგ ხდება მათი ფუნქციით წარმოდგენა.

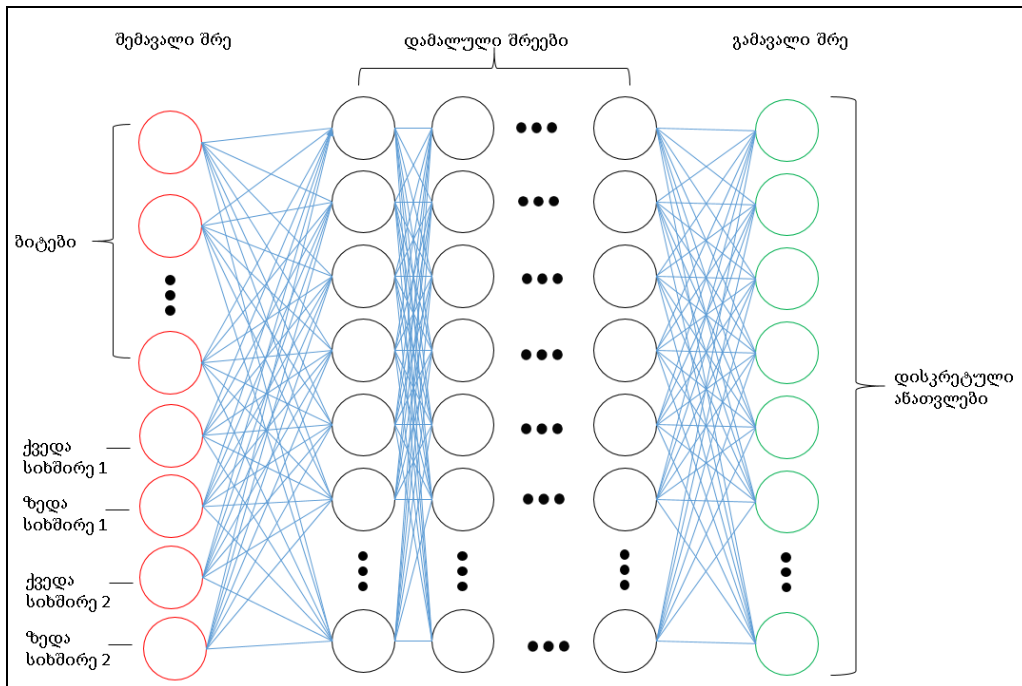
$$M(t) = \cos(2\pi \times fc \times t + 2\pi \times fd \times S(t)) \quad (3)$$

აქ  $M(t)$  არის მოდულირებული სიგნალი;  $fc$  – ცენტრალური სიხშირე;  $fd$  – სიხშირის დევიაცია;  $S(t)$  – საწყისი ნორმილიზებული სიგნალი. ცენტრალური სიხშირე არის ფიქსირებული ხოლო დევიაციის სიხშირე იცვლება საწყისი სიგნალის მიხედვით. როდესაც საწყისი სიგნალის დონე ახლოსაა ნოლთან, ცენტრალური სიხშირიდან გადახრა მცირეა. ასე, თუ ისე, სიგნალის კოლერაცია არის ძირითადად დამოკიდებული პარამეტრებზე. ფაზური მოდულაციის დროს მთავარი კოლერაცია ხდება საწყისი სიგნალსა და ფაზას შორის.

$$M(t) = \cos(2\pi \times fc \times t + 2\pi \times \varphi d \times S(t)) \quad (4)$$

აქ  $M(t)$  არის მოდულირებული სიგნალი;  $fc$  – ცენტრალური სიხშირე;  $\varphi d$  – ფაზა;  $S(t)$  – საწყისი ნორმილიზებული სიგნალი. პარამეტრებს შორის კოლერაცია მნიშვნელოვანია. ნეირონული ქსელის დამალული შრე პასუხს აგებს ამ პარამეტრების ერთმანეთზე გადამრავლებაზე და შესაბამისად მათ კორელაციაზე. რაც უფრო მეტი შრე და ნეირონია ქსელში, მით უფრო მეტის გაკეთებას შეიძლება ეს ქსელი. ამ ეტაპზე, ჩვენ ვიმუშავებთ ნეირონული ქსელის დამალური შრეების  $8 \times 8 \times 8$ -დან  $32 \times 32 \times 32 \times 32 \times 32$ -მდე რაოდენობით. 4 ცალი  $16 \times 16$ -იანი მოდელის შემთხვევაში შრეებს შორის სათვლელი რესურსი შეადგენს  $3 \times (16 \times 16) = 768$  წილადურ გამრავლებისაგან;  $3 \times (16 \times (16 + 1)) = 816$  წილადურ მიმატებისაგან და  $4 \times 16 = 64$  ნორმილიზირების ფუნქციისგან. ასეთი გათვლების გასაკეთებლად საკმარისი უნდა იყოს ნებისმიერი თანამედროვე ტელეფონი. მაგალითისთვის ავიღოთ პროცესორი ტაქტური სიხშირით 1 გჰც. დაეუშვათ, რომ ცვლადების ოპერატიული მეხსიერებიდან გადაადგილებისთვის და არითმეტიკის შესასრულებლად საშუალოდ სჭირდება 10 ტაქტი, მაშინ წამში შესრულებული არითმეტიკული ოპერაცია შეიძლება მოხდეს 108-ჯერ. შესაბამისად, ჩვენი გამოთვლები მოხდება მილიწამებზე ნაკლებ დროში რადგან გვჭირდება 104-ოპერაციაზე ნაკლების გაკეთება. იხილეთ ჩვენი განზოგადოებული ნეირონული დიაგრამა ნახ. 7-ზე. ახლა, როდესაც ნეირონული მოდელი მზადაა დარჩა სწავლებისა და შეფასების სტეპის შედგენა. მოდულიაციის შემდეგ გამავალი შრიდან გამოსულ სიგნალს შევრევთ მცირე ხმაურთან, ფარდობით  $5:1$ -თან. ადებულია სხვადასხვა ტიპისა და პერიოდის მცირე და საშუალო ხმაურები. ნეირონული ქსელის შეფასება მოხდება დემოდულაციის შემდეგ სწორედ მიღებული ბიტებისა და FFT ფუნქციაში გატარებული წარმოქმნილი გვერდითი მდგენელების მიხედვით. თავიდან პარალელურად დავაგენერირებთ 10000 შემთხვევით დაგენერირებულ პარამეტრების

კრებულს, ეგრეთ წოდებულ ნეირონული კვანძების წონებსა და ზღურბლებს. ჩვენ მოდელში 10-ჯერ გავლის შემდეგ ყველას შევაფასებთ და შევარჩევთ საუკეთესო 100-ს. შემდეგ ხდება ამ 100-ის გამრავლება და მცირე მოდიფიკაცია. ამის მრავალი ხერხი არსებობს, თუმცა ჩვენ შემთხვევაში ძირითადად ვიყენებთ გენეტიკური ალგორითმს. ეს ალგორითმი იმოქმედებს მხოლოდ სწავლების მიმართულებაზე და სწავლების ეფექტურობაზე. ეს ნიშნავს, რომ მისი პრინციპულობა გამოიხატება მხოლოდ სწავლების დროში.



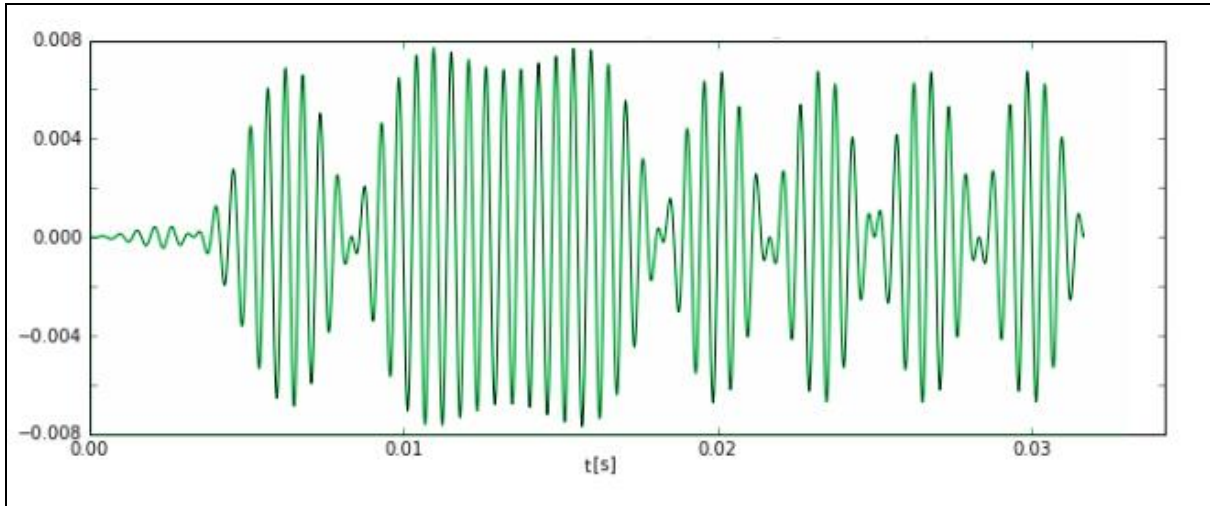
ნახ. 7. მოდულაციის განზოგადოებული ნეირონული დიაგრამა

ნეირონული სწავლება გავაკეთეთ მოდელირებულ, ვირტუალურ გარემოში. სწავლების მოხდენა ასეთ გარემოში კარგია იმით, რომ შეგვიძლია სწავლების მრავალი პარალელური ციკლის შესრულება. ახალი თაობის მობილურ სისტემებში მიზანშეწონილია სპეციალური სატესტო არხის შემუშავება. ასეთი არხით შევძლებთ ალგორითმის ოპტიმიზაციას კონკრეტული ლოკაციისთვისა და დროისთვის. ალგორითმი საწყისს აიღებს ვირტუალურ და ლაბორატორიულ გარემოში, შემდეგ კი გააგრძელებს განვითარებას ნამდვილ ქსელში. ჩვენს მაგალითში ვირტუალურ გარემოში დაგენერირებული FSK ალგორითმის სწავლებაზე გავიდა 2 400 000 ციკლი. სწავლების დასრულების შემდეგ კი მივიღეთ შესაბამისი შედეგები. ნეირონული ქსელის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე (ცხრ. 1).

ცხრილი 1. ნეირონული ქსელის FSK მოდულაციის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე

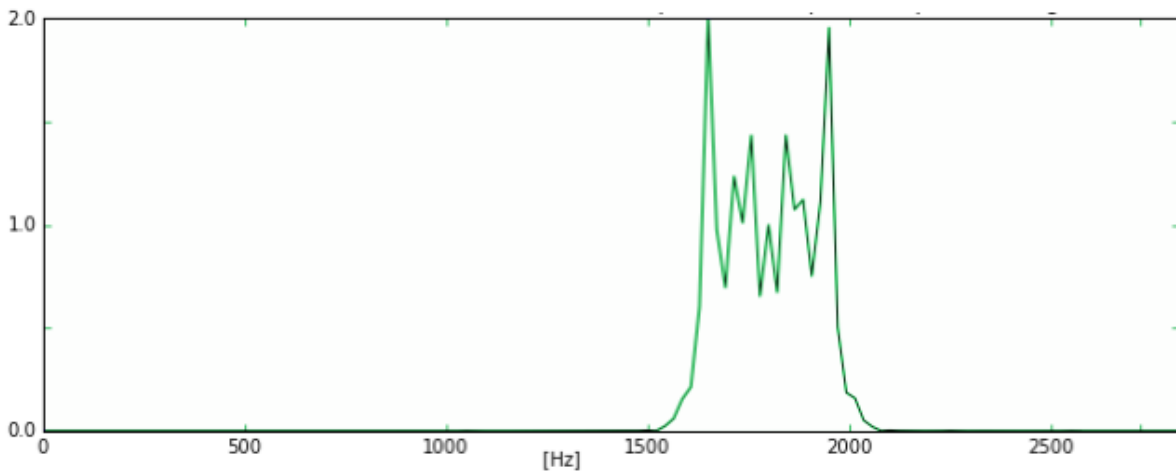
ციკლის რაოდენობა	შეცდომის კოეფიციენტი:
25000	0.23341
50000	0.17522
100000	0.12771
200000	0.03592
400000	0.01023
600000	0.00104
800000	0.00017
1600000	0.00002
2400000	0.00000

დროის მონაკვეთზე ამოღებული სიგნალის ფორმა შეგიძლიათ იხილოთ ნახ. 8-ზე. აქ სიგნალის ფორმა საკმაოდ განსხვავებულია იმისგან, თუ რაც არის კლასიკური ფაზური მოდულაციის შემთხვევაში. ასეთი სიგნალის ფორმა გამოწვეულია შეყვანილი ზედა და ქვედა სიხშირეების პარამეტრებით და შემდგომ ფორმის შეფასებით FFT-ფუნქციის მეშვეობით.



ნახ. 8. ნეირონული ქსელით მიღებული ფაზით მოდულირებული სიგნალი

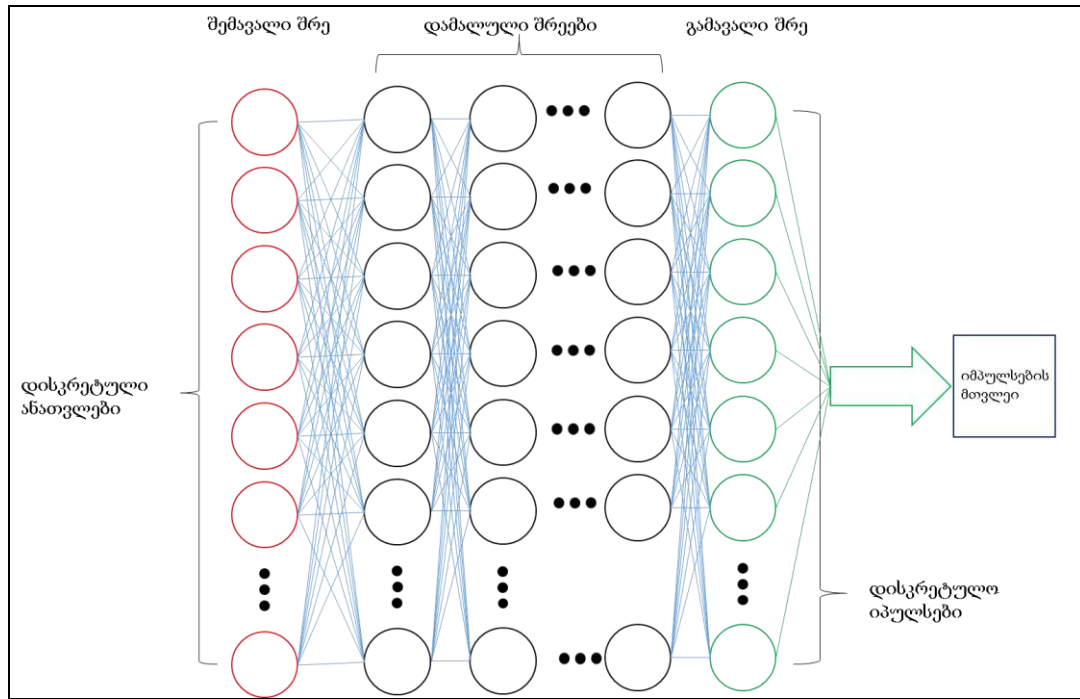
ზედა და ქვედა სიხშირეების გამკაცრების შემთხვევაში ნეირონული სწავლების პროცესის გაიწვლება, თუმცა საკმარისი დამალული ფენების კორელაციის მეშვეობით უნდა იყოს შესაძლებელი. მიღებული სპექტრის მნიშვნელობები შეგიძლიათ იხილოთ ნახ. 9-ზე.



ნახ. 9. ნეირონული ქსელით მიღებული ფაზით მოდულირებული სიგნალის სპექტრი

მოდულაციის გარდა ასევე გვინდოდა დემოდულატორის აგება. ვფიქრობდით, რომ დემოდულაციის პროცესი ზოგადად უფრო რთულია, რადგან მოიცავს უფრო მეტ გამოთვლებს და მათემატიკურ კორელაციებს. ჩვენი თავდაპირველი სქემა მოიცავდა FFT ბლოკს, რომელიც იღბა შემაჯავალი შრეების წინ. დემოდულაციის შედეგად ვღებულობთ დაკვანტულ ერთეულებს, შესაბამისად ნეირონული ქსელის გადაწყვეტილებები გამარტივებულია, ამიტომ ვარჩიეთ FFT ბლოკის ამოღება. ნახ. 10-ზე იხილეთ დემოდულაციის განზოგადოებული ნეირონული დიაგრამა. აქ გამავალ შრედ ავიღეთ იმპულსების მნიშვნელობები. შეგვეძლო შრეების შემცირება და პირდაპირ ბიტების ამოკითხვა, თუმცა ასეთი მიდგომა არის დაარღვევა რეალური დემო-

დულაციის იდენტიფიკაციის წინაპირობის. გამავალი შრეების დამუშავება ხდება იმპულსების მოვლელის ბლოკში. ამ ბლოკში ხდება იმპულსების გადაყვანა ბიტებში. შეფასებას ვაკეთებთ მხოლოდ გამავალი შრის მეშვეობით. დემოდულაციის შემთხვევაში ნეირონული ქსელის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე იხილეთ ცხრილი 2-ში.



ნახ. 10. დემოდულაციის განზოგადოებული ნეირონული დიაგრამა

ცხრილი 2. ნეირონული ქსელის FSK დემოდულაციის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე

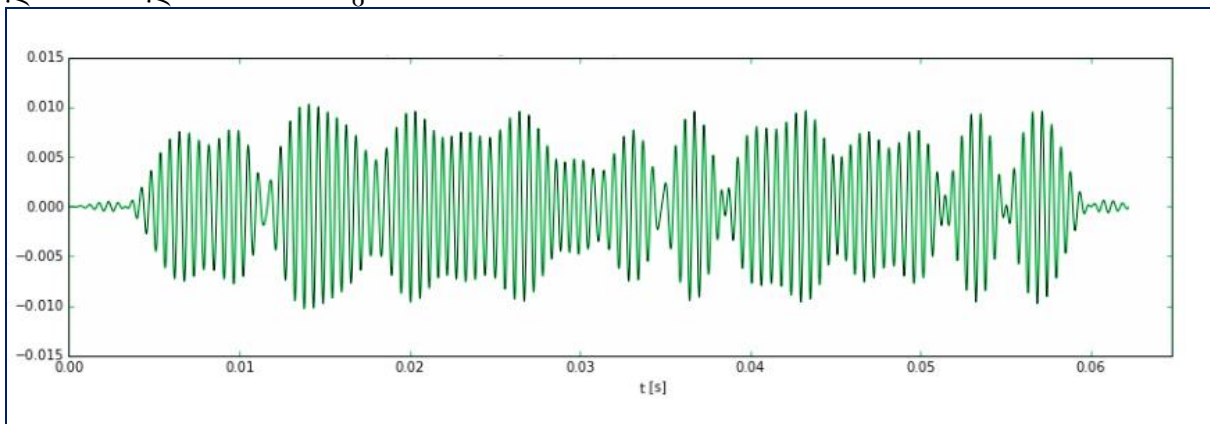
ციკლის რაოდენობა	შეცდომის კოეფიციენტი:
5000	0.25850
10000	0.10192
20000	0.02978
30000	0.01844
40000	0.01275
80000	0.00083
100000	0.00016
140000	0.00003
180000	0.00000

იგივე ნეირონული ქსელის მოდელი გამოსადეგია სხვა მოდულაციების სასწავლად. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ უფრო კომპლექსური მოდულაციებს დასჭირდებათ სწავლების მეტი ციკლი. მაგალითად QAM16 მოდულაციის სწავლებას დასჭირდა დაახლოებით 960000 ციკლი. ნეირონული ქსელის QAM მოდულატორის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე იხილეთ ცხრილი 3-ში.

ცხრილი 3. ნეირონული ქსელის QAM16 მოდულაციის შეცდომის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ციკლების რაოდენობაზე

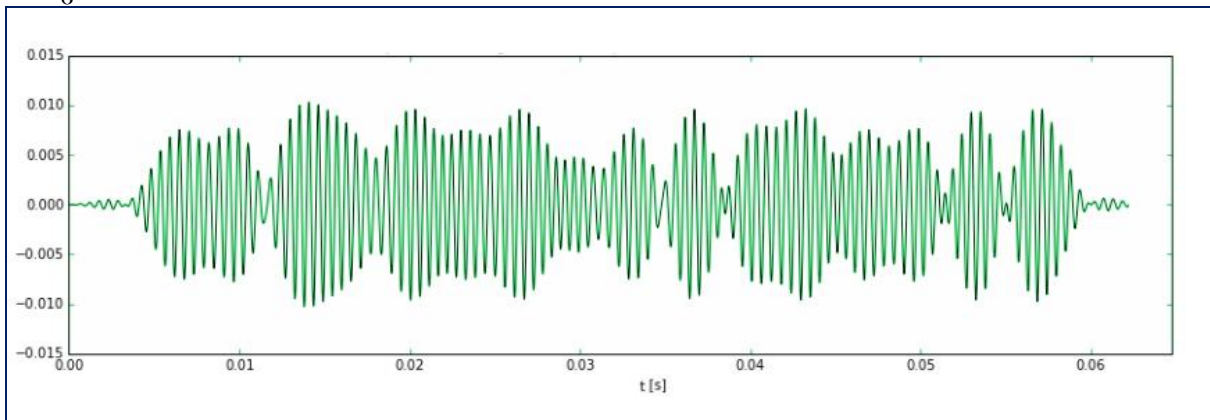
ციკლის რაოდენობა	შეცდომის კოეფიციენტი:
5000	0.41192
10000	0.35382
40000	0.20503
80000	0.11844
100000	0.07211
160000	0.03012
320000	0.00217
640000	0.00012
960000	0

დროის მონაკვეთზე ჩვენის მიერ მიღებული QAM16 სიგნალის ფორმა შეგიძლიათ იხილოთ ნახ. 11-ზე.



ნახ. 11. ნეირონული ქსელით მიღებული QAM16 მოდულირებული სიგნალი

ჩვენი მიღებული QAM16 სპექტრის მნიშვნელობები შეგიძლიათ იხილოთ ნახ. 12-ზე.



ნახ. 12. ნეირონული ქსელით მიღებული QAM16 მოდულირებული სიგნალის სპექტრი

ექსპერიმენტიდან გამომდინარე შეგვიძლია დარწმუნებით ვთქვათ, რომ ნეირონული ქსელით არსებული მოდულატორისა და დემოდულატორის აწყობა სრულად რეალურია. ფიქსირებულ პირობებში ჩვენს მიერ აგებული ნეირონული ქსელის განვითარება გამოდგა საკმაოდ მარტივი. ნეირონული ქსელის უპირატესობა მისი ადაპტაციის შესაძლებლობაა. ნეირონული ქსელის ფუნქციონალის რეალიზირების შემდეგ



შესაძლებლობა გვექნება მოვახდინოთ ალგორითმის ადგილის და პირობების მიხედვით იდივიდუალური ოპტიმიზაცია.

### დასკვნა

სტატიაში მოყვანილია სიგნალის ფიქსირებული დამუშავების ხერხების მაგალითები, შემდეგ ნეირონული ქსელის საშუალებით გავაკეთეთ მათი იმიტაცია. ამ მაგალითმა აჩვენა, რომ ნეირონულ ქსელებს უკვე შეუძლიათ მინიმუმ იგივე რაც მათემატიკურ მოდელებს. გარდა ამისა, ნეირონული ქსელის მოდელში სისწორული გვერდითი მდგენელები შემცირდა, რაც გამოწვევად იყო ოპტიმიზაციის ეტაპზე სისწორული სპექტრის გამკაცრებით. ნეირონული ქსელის ფუნქციონალის დამატება შემდეგი თაობის მობილურ სისტემებში საშუალებას მოგვცემს რადიო დამუშავების ალგორითმის ოპტიმიზაცია მოხდეს ყველა სადგურზე ინდივიდუალურად და შესაბამისად მივიღოთ მაქსიმალური შედეგები. მომავალში ასევე ვაპირებთ ასეთი მოდელის ტესტირებას GNU Radio პლათფორმის საშუალებით.

### ლიტერატურა

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_series](https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_series), (2021, Jan).
2. 3GPP, "3rd Generation Partnership Project, Technical specification group radio access network", Physical channels and modulation (Release 8), 3GPP TS 36.211.
3. Mc.C. Warren, W. Pitts. "A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity". Bulletin of Mathematical Biophysics. 1943.
4. P. Dell'aversana. Artificial Neural Networks and Deep Learning. 15 May 2020.
5. R. Mahajan, G. Kaur. Neural Networks using Genetic Algorithms. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 77– No.14, September 2013.

### SUMMARY

#### AN ADAPTIVE MODEL OF RADIO SIGNAL PROCESSING FOR THE NEXT GENERATION OF RADIO SYSTEMS

**Kvernadze M.A., Zangaladze A.P., Kvirvelia Sh.V., Kvernadze S.A. and Beridze J.L.**  
**Georgian Technical University**

Today, in transmit-receive radio signal systems fixed mathematical models of signal processing are used. These models are relatively optimal for the general transmission channels. In real conditions, the environment of the channels is different, these models give distinctive results. There are places where the radio interference factor is much higher and, accordingly, mathematical models cannot compensate for them. In our article, we are going to present a dynamic signal processing feature, which depending on the environment, will make the decision of optimal signal processing. For this we use a neural network model. This will allow signal processing by an individual method, depending on the radio conditions. It will be possible to run different processing algorithms for individual channels, which will be generated by artificial intelligence.

**Keywords:** signal processing, modulation, artificial intelligence.

სახელმწიფო მონაცემთა ინტერნეტი და მისი უპირატესობა

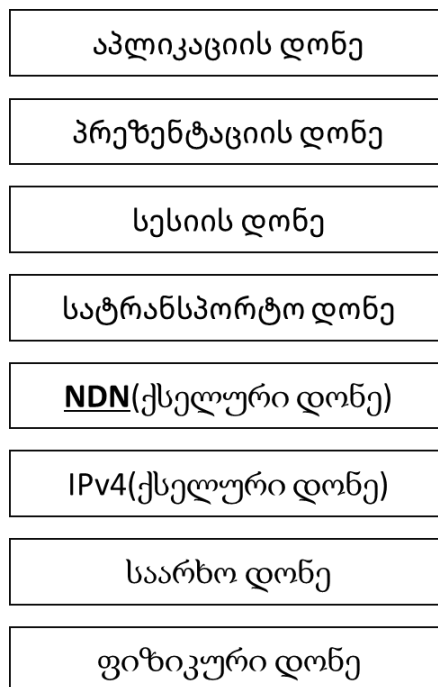
ზანგალაძე ა.პ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

NDN(Named Data Networking) ქსელი მოისაზრებს OSI მოდელის მესამე დონეს. ის არის IPv4/IPv6-ის შემცველი პროტოკოლი. სადღეისოდ გლობალურ ქსელში თითქმის ყველა მოწყობილობა მუშაობს IPv4/IPv6-ის პროტოკოლების საშუალებით.

ქსელის არსებულ ქსელში პირდაპირი ინტეგრაცია ვერ მოხერხდება განსხვავებული არქიტექტურის გამო. ყველაზე დიდ პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ არსებულ ქსელის ელემენტებს არ ესმით NDN-ის სტრუქტურა და არსებული ქსელის შეცვლა დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან. NDN-ის გამართული მუშაობა დამოკიდებულია არა მარტო პროგრამულ უზრუნველყოფაზე არამედ ქსელის ელემენტების ფიზიკურ შესაძლებლობებზე. რადგან ქსელში არსებული ელემენტების შეცვლა წარმოადგენს სირთულეს ამ ეტაპზე შეგვიძლია NDN-სა და IPv4-ის კომბინირებული ვარიანტის გაკეთება. წესით და რიგით მომავალში პაკეტები ენკაფსულირებული იქნება Layer 2-ის დონეზე, მაგრამ ექსპერიმენტში გამოვიყენეთ Layer 3-ის ენკაფსულაცია. აქ OSI მოდელს დაემატა ახალი შრე, რომელიც შეგვიძლიათ იხილოთ სურ. 1-ზე.

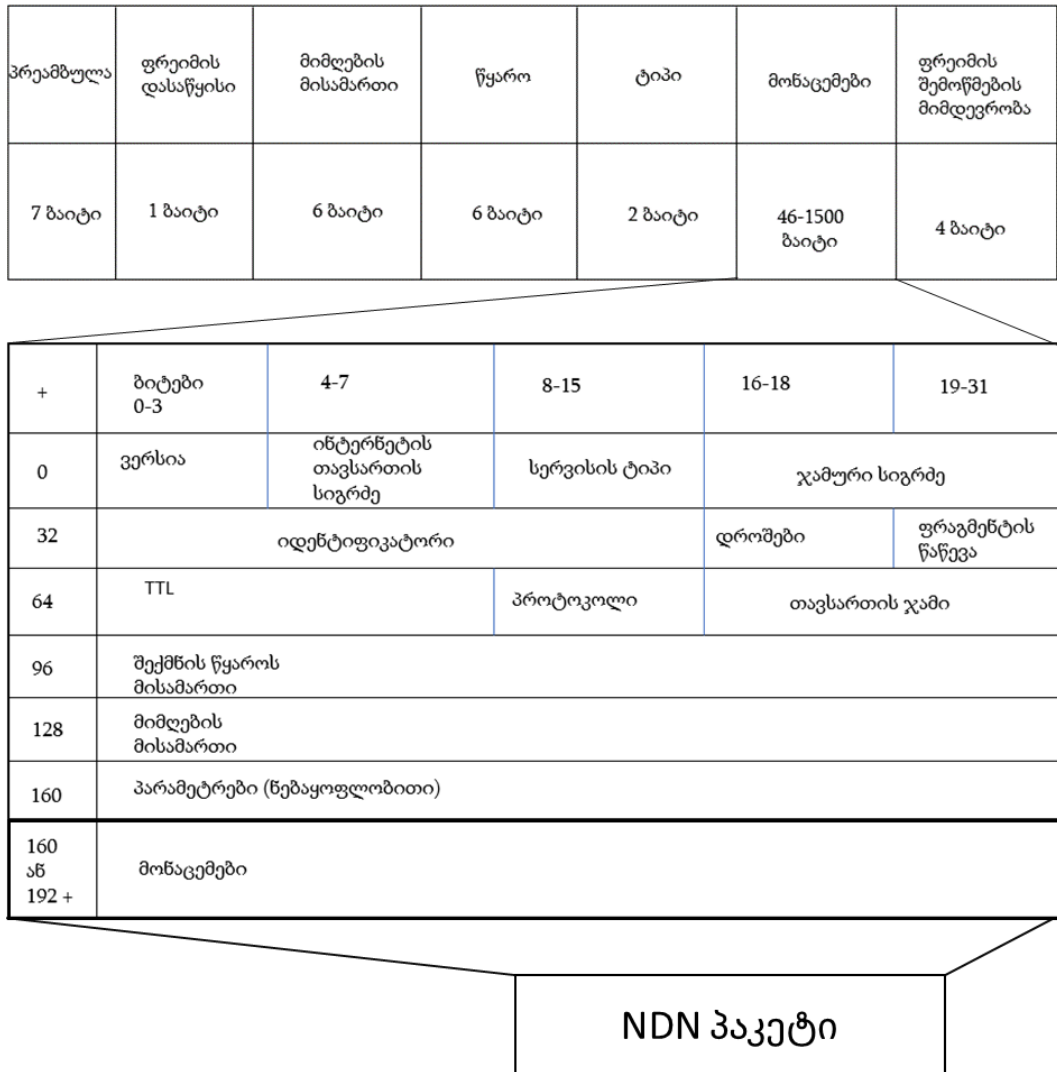


სურ. 1. OSI მოდელი, NDN პაკეტის IPv4-ის პაკეტში ენკაფსულაციის გათვალისწინებით

2. NDN-ის ენკაფსულაცია Ipv4-ის საშუალებით

აქ IPv4-ის ენკაფსულაცია ავირჩიეთ იმიტომ, რომ საქართველოში ყველა ინტერნეტ პროვაიდერის მოწყობილობები მარშრუტიზაციას ახდენენ ამ პროტოკოლით. იშვიათ შემთხვევებში, სადაც ქსელის კვანძებზე იმუშავენ სხვა პროტოკოლი, მოხდება IPv4-ის კონვერტირება ისე, რომ NDN ქსელურ დონეს ხელი არ შეეშლება. ჩვენი ენკაფსულაციის მეთოდი არ ცვლის IPv4-ის თავსართის ელემენტებს და შესაბამისად გადამტან ქსელს არც დასჭირდება იმის ცოდნა, რომ IPv4-ის პაკეტში მოთავსებულია NDN პაკეტი. ასეთი პაკეტის ამოღება და დაიმუშაება მოხდება მარტო NDN

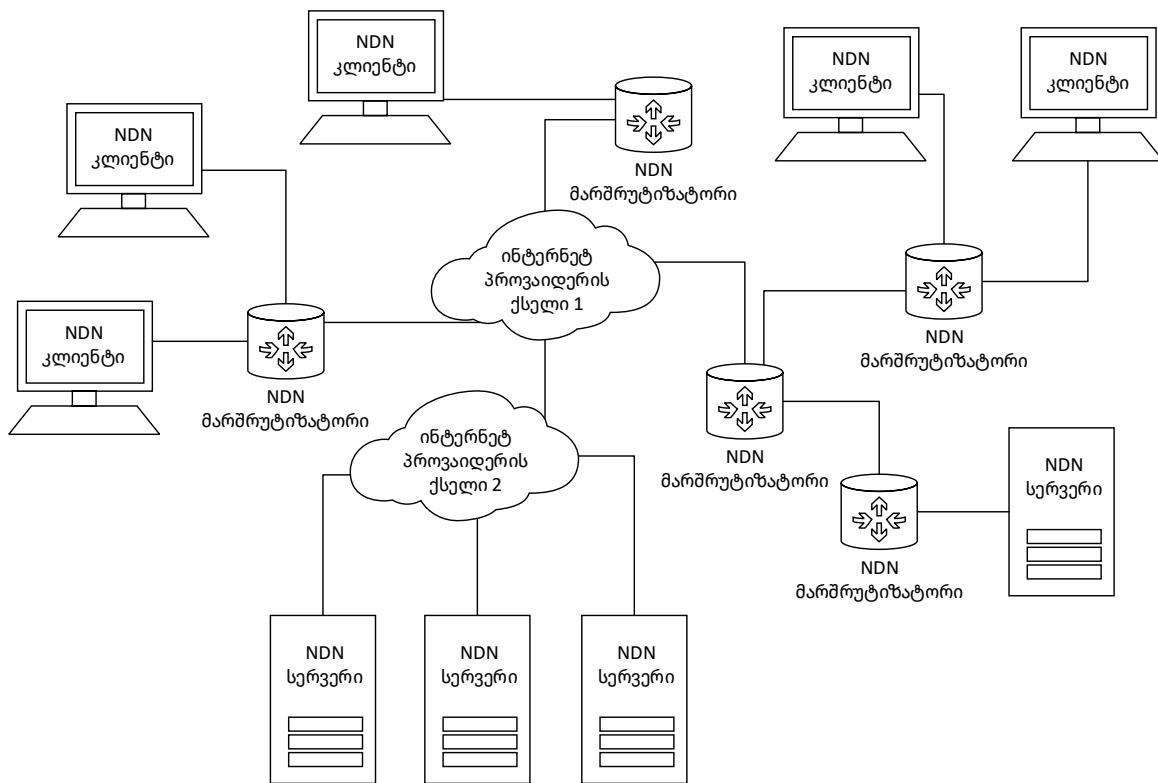
კვანძებზე, სადაც მოხდება მათი რეენკაფსულაცია. IPv4-ისა და NDN პაკეტების ენკაფსულაციის სქემა იხილეთ სურ. 2-ზე



სურ. 2. NDN პაკეტის ენკაფსულაცია

### 3. სატესტო სახელდარქმეული მონაცემთა ქსელი

თბილისის მასშტაბით აგებული იყო სახელდარქმეული მონაცემთა ქსელი. იგი აგებული იყო NDN პლატფორმისა და მისი პროგრამული უზრუნველყოფების მეშვეობით [1]. ქსელი შედგენილი იყო კლიენტებისა და სერვერების ერთობლიობით. ამ მოწყობილობებს შორის გაწერილი იყო NDN ტუნელები, რომლებიც ენკაფსულაციას ახდენდნენ საქართველოს არსებულ ოპერატორების Ipv4-ის ქსელებში. სურ. 3-ზე იხილეთ სატესტო ქსელის ტოპოლოგია.



სურ. 3. NDN ქსელის ტოპოლოგია

NDN და IP ქსელების ჰეტეროგენიზაცია, გვაძლევს საშუალებას NDN-ის ბაზაზე შემუშავებული ალგორითმების ხარჯზე შევამციროთ ქსელში ინფორმაციის გადაცემის დაყოვნება. NDN პაკეტების დამუშავებას ვაკეთებთ NFD(NDN Forwarding Daemon) პლატფორმის საშუალებით. ეს პლატფორმა ჯერ სატესტო ეტაპზეა და მისი საწყისი კოდები თავისუფალ წვდომაშია. პაკეტების მიმოცვლა ხდება ე.წ. ფეისების საშუალებით. ფეისი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ფიზიკური ინტერფეისი ან ვირტუალური ტუნელი[2]. NFD არის ფრეიმვორკი, რომელიც ჩვენს ექსპერიმენტში იყო დაყენებული ყველა მოწყობილობაზე, რათა მოწყობილობებს შორის დაგვეყარებინა კომუნიკაცია NDN-ის პროტოკოლების შესაბამისად. ტუნელები გაწერილი იყო IPv4-ის მისამართებით, კონკრეტულად კი ყველა NDN მოწყობილობებს შორის. როგორც IPv4 ტექნოლოგიას სჭირდება მარშრუტიზაციის პროტოკოლები, ასევე NDN-საც სჭირდება ასეთი. ჩვენს ექსპერიმენტში გამოყენებულია NLSR(Named-data Link State Routing Protocol) მარშრუტიზაციის პროტოკოლი. ამ პროტოკოლით ხდება მარშრუტიზატორებს შორის კონტენტის მისამართების გაზიარება[3]. ეს პროტოკოლი იყო დაყენებული ყველა შუამავალ NDN მოწყობილობაზე. მეზობელ მოწყობილობებს შორის იყო გაწერილი შესაბამისი კონფიგურაცია, რათა ამ მოწყობილობებს შორის დამყარებულიყო მარშრუტების გაზიარების საშუალება.

#### 4. ჩატარებული ექპერიმენტი და შედეგები

სატესტო ქსელის შეფასებას ვახდენთ მიღებული პაკეტების დაყოვნებით. შედარება ხდება IPv4-ისა და NDN პაკეტებს შორის. პერიოდულად იგზავნება მონაცემების მოთხოვნა როგორც IPv4-ით, ასევე NDN-ით. მაგალითისთვის ქვემოთ მოყვანილია Linux-ის ტერმინალიდან გაშვებული პინგი TCP/IP შემთხვევებისთვის:

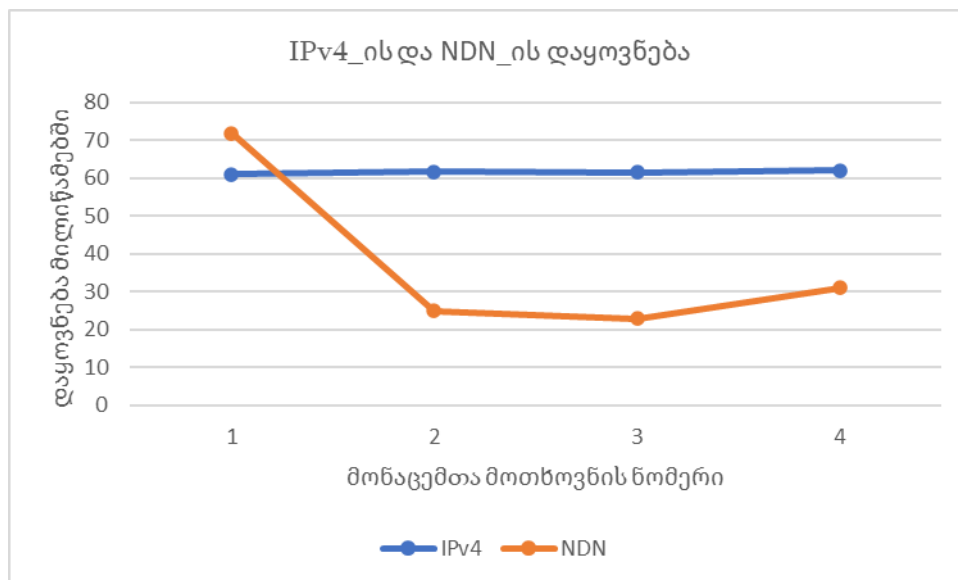
```
gtu_test_1> ping -c 4 188.129.203.218
PING 188.129.203.218 (188.129.203.218) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 188.129.203.218: icmp_seq=1 ttl=62 time=61.0 ms
64 bytes from 188.129.203.218: icmp_seq=2 ttl=62 time=61.8 ms
```

```
64 bytes from 188.129.203.218: icmp_seq=3 ttl=62 time=61.5 ms
64 bytes from 188.129.203.218: icmp_seq=4 ttl=62 time=62.0 ms
--- 188.129.203.218 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 61.018/61.631/62.030/0.494 ms
```

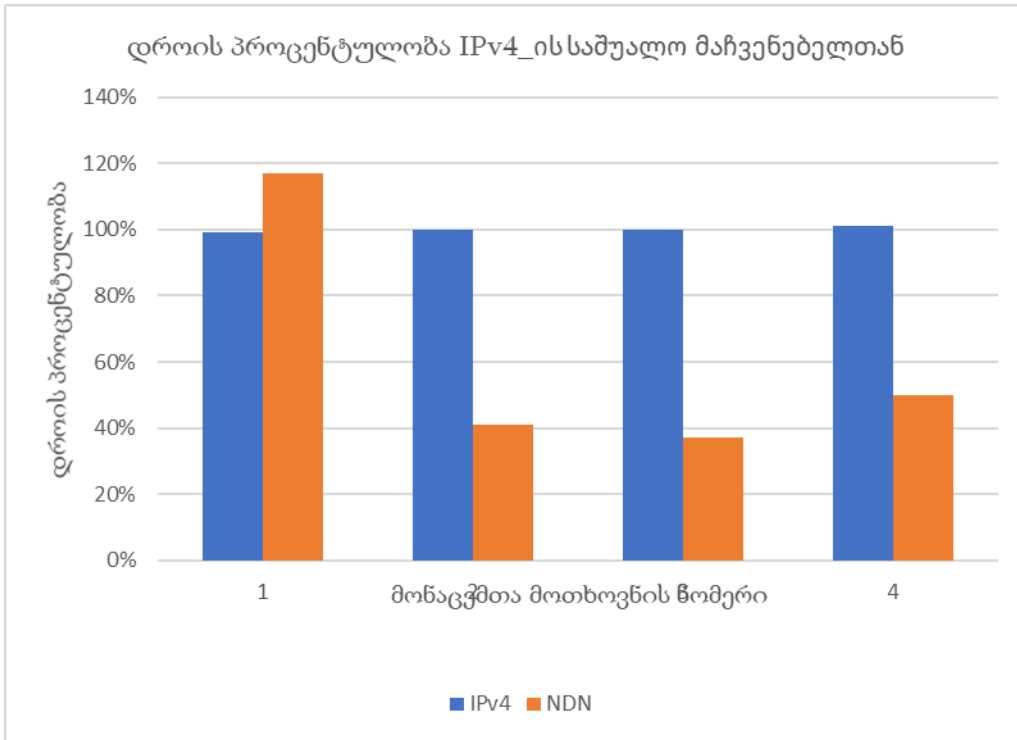
NDN ping-ისთვის ვიყენებთ „ndn-tools“-ის ინსტრუმენტარს. კლიენტი აგზავნის ინტერესთა პაკეტს მითითებული მონაცემთა სახელით, რომელიც თავდაპირველად ინახება ndn სერვერზე. პინგ სერვერი უგზავნის მოთხოვნილ მონაცემებს კლიენტს [4]. NDN მონაცემები შეინახება ყველა გავლილ NDN კვანძზე და განმეორებით მოთხოვნის შემთხვევაში კლიენტის მომსახურება მოხდება უახლოესი NDN კვანძიდან. მაგალითისთვის ქვემოთ მოყვანილია Linux-ის ტერმინალიდან გაშვებული პინგი NDN შემთხვევებისთვის:

```
gtu_test_1> ndnping_cache -c 4 /ndn/gtu_test/d/pingtest
PING /ndn/gtu_test/d/pingtest
content from /ndn/gtu_test/d/pingtest: seq=15949988448206744268 time=71.9338 ms
content from /ndn/gtu_test/d/pingtest: seq=15949988448206744269 time=24.9698 ms
content from /ndn/gtu_test/d/pingtest: seq=15949988448206744270 time=22.883 ms
content from /ndn/gtu_test/d/pingtest: seq=15949988448206744271 time=31.0602 ms
--- /ndn/d-site/d/pingtest ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0 nacked, 0% lost, 0% nacked, time 150.847 ms
rtt min/avg/max/mdev = 22.883/37.7117/71.9338/17.11105 ms
```

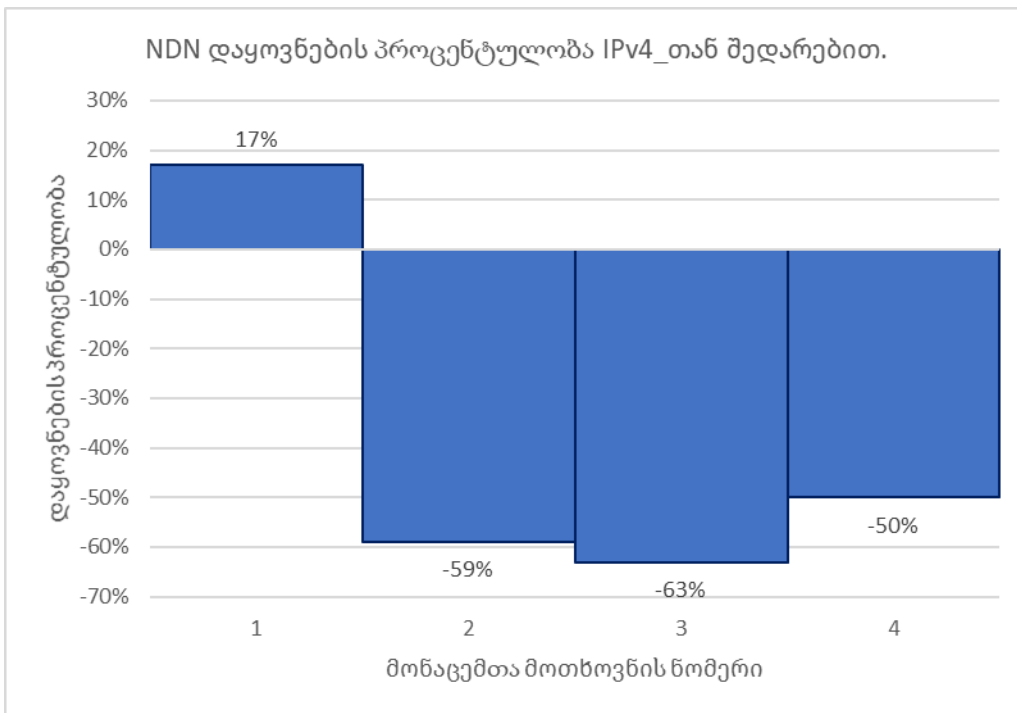
აქ, IPv4-ის მინიმალური დაყოვნების დრო შეადგენს 61,0 მწმ. NDN-ის შემთხვევაში კი 22,883 მწმ. აღსანიშნავია, რომ პირველი პინგის დრო NDN-ის შემთხვევაში შეადგენს 71,9338 მწმ, რაც თითქმის 11მწმ მეტია TCP/IP-თან შედარებით. ეს ფაქტი აიხსნება იმით რომ NDN-ის კვანძზე დაქვშირებული ინფორმაციის დამუშავებას სჭირდება გარკვეული დრო. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ NDN არის ენკაფსულირებული IPv4-ში დაყოვნების პროცენტული შედარება TCP/IP და NDN-ს შორის იხილეთ შემდეგ გრაფიკებზე სურ. 4–6.



სურ. 4. IPv4/NDN დაყოვნება



სურ. 5. დროის პროცენტულობა IPv4 საშუალო მაჩვენებელთან



სურ. 6. NDN დაყოვნების პროცენტულობა IPv4 შედარებით

თბილისის გარკვეულ უბანზე ავაგეთ და გავტესტეთ პირველი NDN ქსელი. ექსპერემენტის ჩასატარებლად გამოყენებული იყო: ჩვეულებრივი კომპიუტერები, როუტერები და პროვაიდერის IPv4 ქსელი. ერთ ერთ მოწყობილობაზე, კერძოდ სერვერზე წინასწარ იყო დაგენერირებული NDN-ის კონტენტი. ზემოთ აღნიშნულ სერვერზე გარკვეული პერიოდებით შემოდიოდა ერთდროულად როგორც NDN-ის, ასევე IPv4-ის მოთხოვნები და მას უდნა დაეკმაყოფილებინა ეს მოთხოვნები. როგორც შედეგებმა

ახვენეს NDN-ის შემთხვევაში დაყოვნება საგრძობლად შემცირდა. აღსანიშნავია, რომ პირველი მოთხოვნილი პაკეტის გადაცემამ NDN-ის საშუალებით მეტი დრო წაიღო IPv4-თან შედარებით, ვინაიდან NDN-ის პაკეტს სჭირდება გარკვეული დრო დამუშავებისთვის, კერძოდ კი NDN-ის პაკეტის მოთავსება OSI მოდელის თანახმად ხორციელდება ქსელურ დონეზე ენკაფსულაციის საშუალებით, რადგან TCP/IP-ზე მომუშავე ქსელს არ ესმის NDN-ის სტრუქტურა. ხოლო პირველი მოთხოვნილი პინგის დაკმაყოფილების შემდეგ ყველა იმ მოწყობილობაზე რომელზეც მოხდა კონტენტის გადატანა ინფორმაცია იქნება დაქეშირებული და შემდგომი მოთხოვნის დროს მთლიან მარშრუტს აღარ გაივლის. მოთხოვნის დაკმაყოფილება მოხდება ლოკალურად.

#### ლიტერატურა

1. <https://github.com/named-data>, 2020.
2. NFD Developer's Guide Alexander Afanasyev, Junxiao Shi, Beichuan Zhang, Lixia Zhang, Ilya Moiseenko, Yingdi Yu, Wentao Shang, Yanbiao Li, Spyridon Mastorakis, Yi Huang, Jerald Paul Abraham, Eric Newberry, Steve DiBenedetto, Chengyu Fan, Christos Papadopoulos, Davide Pesavento, Giulio Grassi, Giovanni Pau, Hang Zhang, Tian Song, Haowei Yuan, Hila Ben Abraham, Patrick Crowley, Syed, Obaid Amin, Vince Lehman, Muktedir Chowdhury, and Lan Wang, Revision 7 (October 4, 2016).
3. NLSR Developer's Guide Vince Lehman, Muktedir Chowdhury, Nicholas Gordon, Ashlesh Gawande, University of Memphis November, 2017.
4. <https://github.com/named-data/ndn-tools/tree/master/tools/ping>, 2020.

#### SUMMARY

#### NAMED DATA NETWORK AND ITS ADVANTAGE

Zangaladze A.P.

Georgian Technical University

Nowadays, most of the data is focused on pseudo-static information. This can be: posts on social media, articles in online newspapers, videos, etc. Such data goes through the same network segment periodically many times, since it is requested by multiple users. This data is transmitted through the TCP / IP protocol stack. The purpose of the protocols is to transfer data between the original source of information and the recipient. In this article, we will talk about alternative to IPv4 / IPv6, in particular data centric networks. Such a network has the ability to significantly reduce periodic and multiple data transmissions. The research was carried out using testing tools that transmit data through the networks of Georgian internet service providers.

**Keywords:** network integration, named data network, encapsulation.

ღრმა სწავლების ფილოსოფია

ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი ო.მ., გოგიაშვილი ჟ.გ., კიკნაძე მ.გ., რამაზაშვილი მ.თ.

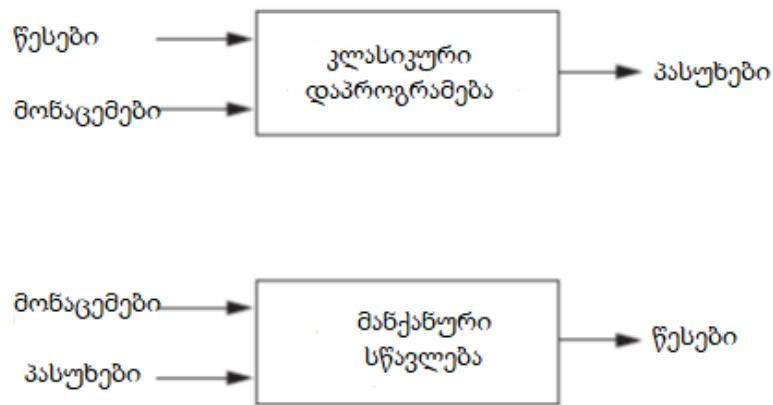
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღრმა სწავლება (Deep Learning) მანქანური სწავლების (Machine Learning) სფეროა, რომელიც რთული ამოცანების ფართო წრის ამოხსნის საშუალებას იძლევა, დაწესებული ხმის გამოცნობიდან და ობიექტის მოძიებიდან გამოსახულებაზე ტექსტების ავტომატურ თარგმნამდე და ავტომობილის ავტომატურ მართვამდე.

მანქანური სწავლება, ღრმა სწავლება და ხელოვნური ინტელექტი მოხსენიებულია მრავალ სტატიაში და მათ შორის ძალიან ბევრი არ არის დაკავშირებული ტექნოლოგიათა აღწერასთან. დღეს უკვე არსებობს ვირტუალური მოსაუბრეები, ავტოპილოტიანი ავტომობილები და ვირტუალური თანაშემწეები. ადამიანების გათავისუფლებას რუტინული შრომისგან და ძირითადი სამუშაოების შესრულებას ხელოვნური ინტელექტით დაჯილდოებული რობოტების მიერ. მომავალ ან დღევანდელ სპეციალისტს მანქანური სწავლების სფეროში უნდა შეეძლოს სასარგებლო სიგნალის გამოყოფა ხმაურიდან, იგი უნდა ხედავდეს იმ ცვლილებებს, რომლებსაც შეუძლია გავლენის მოხდენა სამყაროზე.

მანქანური სწავლების სფერო მას შემდეგ გახდა აქტუალური, როდესაც დადგა საკითხი კომპიუტერის მიერ მონაცემების დამუშავების წესების განსაზღვრა მონაცემთა კვლევის საფუძველზე ავტომატურად პროგრამისტის დაუხმარებლად.

კლასიკურ დაპროგრამებაში, სიმბოლური ხელოვნური ინტელექტის პარადიგმაში, ადამიანებს შემოაქვთ წესები (პროგრამები) და მონაცემები ამ წესების შესაბამისად და იღებენ პასუხებს ნახ.1.



ნახ. 1. მანქანური სწავლება: დაპროგრამების ახალი პარადიგმა

მანქანურ სწავლებაში კი ადამიანების მიერ ხდება მონაცემებისა და ამ მონაცემების შესაბამისი პასუხების შეტანა, ხოლო გამოსასვლელზე ხდება წესების მირება. ეს წესები შემდეგ შეიძლება გამოვიყენოთ ახალი მონაცემების მიმართ ორიგინალური (აქამდის უცნობი) პასუხების მისაღებად.

მანქანურ სწავლებაში სისტემის სწავლება, დასწავლა ხდება და არა მისი ცხადად დაპროგრამება. მას გადაეცემა გადასაწყვეტ ამოცანასთან დაკავშირებული მრავალრიცხოვანი მაგალითები, ხოლო იგი პოულობს ამ მაგალითებში სტატისტიკურ სტრუქტურას, რომელიც საშუალებას აძლევს სისტემას გამოიმუშაოს, ჩამოაყალიბოს წესები ამოცანის ავტომატური გადაჭრისათვის.

ღრმა სწავლების გნვითრება მხოლოდ 2010-იანი წლების დასაწყისში დაიწყო. ამ სფეროში მოხდა ნამდვილი რევოლუცია ყველაზე შესამჩნევი წარმატებებით აღქმის მოდელირებაში – ხედვის და სმენის – ამოცანებში, რომლებიც ბუნებრივი და



გასაგები იყო ადამიანისათვის, მაგრამ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მიუწვდომელი რჩებოდა კომპიუტერისათვის.

კერძოდ, ღრმა სწავლებამ შემდეგი გარღვევები მოახდინა მანქანური სწავლების ტრადიციულად ურთულეს სფეროებში:

- გამოსახულებათა კლასიფიკაცია ადამიანის დონეზე;
- მეტყველების გამოცნობა ადამიანის დონეზე;
- ხელნაწერი ტექსტის გამოცნობა ადამიანის დონეზე;
- ერთი ენიდან მეორეზე მანქანური თარგმნის ხარისხის გაუმჯობესება;
- ტექსტის მანქანური ხმამაღლა კითხვის ხარისხის გაუმჯობესება;
- Google Now და Amazon Alexa ტიპის ციფრულ თანამშრომელთა გაჩენა;
- ავტომობილის მართვა ადამიანის დონეზე;
- Google, Baidu და Bing კომპანიების მიერ გამოყენებული მიზნობრივი რეკლამის სიზუსტის გაზრდა;

- ინტერნეტში ძებნის რეკლემანტობის გაზრდა;
- ხმამაღლა დასმულ შეკითხვებზე პასუხის გაცემის შესაძლებლობის გაჩენა;
- გოს თამაში ადამიანზე გაცილებით ძლიერ.

ჯერ კიდევ გრძელდება შესაძლებლობათა კვლევა, რომლებიც დამალულია ღრმა სწავლებაში. ის გამოიყენება ბუნებრივი ენის მანქანური აღქმისა და გაგების ფარგლებს გარეთ პრობლემების ფართო წრისადმი, როგორცაა, მაგალითად, ფორმალური მსჯელობები. წარმატება ამ მიმართულებით შეიძლება ნიშნავდეს ახალი ეპოქის დასაწყისს, როცა ღრმა სწავლება დაეხმარება ადამიანებს მეცნიერებაში, პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნაში და მრავალ სხვა სფეროში.

ღრმა სწავლებამ მიაღწია ხელოვნური ინტელექტის ისტორიაში აქამდის არნახული საზოგადოებრივი ყურადღებისა და ინვესტიციების დონეს, მაგრამ ეს არ არის მანქანური სწავლების პირველი წარმატებული ფორმა. დარწმუნებით შეიძლება ითქვას, რომ ამჟამად მრეწველობაში გამოყენებული მანქანური სწავლების ალგორითმების უმრავლესობა არ არის ღრმა სწავლების ალგორითმები. ღრმა სწავლება ყოველთვის არ არის სწორად არჩეული ინსტრუმენტი ზოგჯერ უბრალოდ საკმარისი არ არის მონაცემები ღრმა სწავლებისათვის, ზოგჯერაც პრობლემა უკეთ წყდება სხვა ალგორითმების გამოყენებით.

ამ სტატიაში განხილულია მანქანური სწავლებისადმი კლასიკური მიდგომები რაც ეს დაგვეხმარება ღრმა სწავლების ადგილის დანახვაში მანქანური სწავლების უფრო ფართო კონტექსტში.

ღრმა სწავლების განმასხვავებელი ნიშნები.

ღრმა სწავლების გამოყენების ძირითადი მიზეზია უკეთესი მწარმოებლურობა მრავალ ამოცანაში. თუმცა ეს არ არის ერთადერთი მიზეზი. ღრმა სწავლება არსებითად აადვილებს პრობლემათა გადაწყვეტას, ვინაიდან აქ მთლიანად ავტომატიზებულია მანქანური სწავლების უმნიშვნელოვანესი ნაბიჯი, რომელიც ადრე ხელით სრულდებოდა, ნიშნების კონსტრუირება.

მანქანური სწავლების წინა მეთოდები ზედაპირული სწავლების მეთოდები შეიცავდა შემავალი მონაცემების გარდაქმნას მხოლოდ ერთ ან ორ მიმდევრობით სივრცედ, ჩვეულებრივ, მარტივი გარდაქმნების მეშვეობით, როგორც არის არაწრფივი პროექცია უფრო დიდ განზომილების სივრცეში (საყრდენი ვექტორების მეთოდი) ან გადაწყვეტილებათა ხეები. მაგრამ რთული ამოცანების ამოსახსნელად აუცილებელი ზუსტი წარმოდგენების მიღება, ჩვეულებრივ, შეუძლებელია ასეთი მიდგომებით. ამიტომ ადამიანებს უხდებოდათ დიდი ძალისხმევა იმისათვის, რომ მიეცათ საწყისი მონაცემებისათვის უფრო გამოსადეგი ამ მეთოდებით დამუშავებისათვის სახე: მათ უხდებოდათ თავიანთი მონაცემების წარმოდგენის შრის გაუმჯობესება ხელით. ამას ნიშნების კონსტრუირება ეწოდება. ღრმა სწავლების პირობებში, პირიქით, ეს ნაბიჯი მთლიანად ავტომატიზებულია: ღრმა სწავლების მეთოდების გამოყენებისას ყველა ნიშანი ამოიღება ერთი გავლით და არ არსებობს ხელით მათი კონსტრუირების აუცილებლობა. ამან ძალიან გაამარტივა მანქანური სწავლების პროცესი, ვინაიდან ხშირად რთული და მრავალსაფეხურიანი კონვეიერის ჩანაცვლება გახდა შესაძლებელი ღრმა სწავლების ერთადერთი მარტივი გამჭოლი მოდელით.

ღრმა სწავლების პოპულარობის ზრდის საკვანძო ფაქტორები. ღრმა სწავლების ორი საკვანძო იდეა სახეთა გამოცნობის ამოცანების ამოსახსნელად კონვოლუციური ნეირონული ქსელების და შეცდომის უკუგავრცელების ალგორითმი კარგად იყო ცნობილი უკვე 1089 წელს. მოკლევადიანი ხანგრძლივი მეხსიერების ალგორითმი (Long Short-Term Memory, LSTM), რომელიც ღრმა სწავლების საფუძველს შეადგენს დროითი მწკრივების პროგნოზირებისათვის, შემოთავაზებული იყო 1997 წელს და ამის შემდეგ თითქმის არ შეცვლილა. მაშ რატომ დაიწყო ღრმა სწავლების გამოყენება მხოლოდ 2012 წლიდან? რა შეიცვალა ამ ორი ათწლეულის განმავლობაში?

მანქანურ სწავლებას სამი მამოძრავებელი ძალა ახასიათებს:

- დანადგარი;
- მონაცემთა კრებულები და ტესტები;
- ალგორითმული მიღწევები.

ვინაიდან ეს სფერო ხელმძღვანელობს ექსპერიმენტული დასკვნებით, და არა თეორიით, ალგორითმული მიღწევები შესაძლებელია მხოლოდ მონაცემებისა და დანადგარის არსებობისას იდეათა შესამოწმებლად (ან, როგორც ეს ხშირად ხდება, ძველი იდეების ასაღორძინებლად). მანქანური სწავლება არც მათემატიკაა და არც ფიზიკა, სადაც გარღვევები შეიძლება განხორციელდეს კალმისა და ქაღალდის ფურცლის საშუალებით. ეს საინჟინრო მეცნიერებაა. ნამდვილ ვიწრო ადგილს 1990-იანი და 2000-იანი წლების მანძილზე იყო მონაცემები და დანადგარი. მაგრამ დროთა განმავლობაში ხდებოდა ინტერნეტის განვითარება, ხოლო კომპიუტერული თამაშების ბაზრის პროგრამული უზრუნველყოფისათვის შეიქმნა მაღალ მწარმოებლური გრაფიკული პროცესორები.

2012–2013 წლებში ღრმა სწავლებამ ახალ თანამედროვე დონეზე აიყვანა სახეთა გამოცნობა და, საბოლოო ჯამში, გამოცნობის ყველა ამოცანა. ამას მოჰყვა ინვესტიციების თანდათანობით ზრდადი ტალღა ინდუსტრიაში.

მანქანურმა სწავლებამ – და კერძოდ ღრმა სწავლებამ – ცენტრალური ადგილი დაიკავა ამ ტექნოლოგიური გიგანტების სტრატეგიულ პროდუქტებს შორის.

„მანქანური სწავლება – კოორდინატთა სისტემის გაბედულად შეცვლის საფუძველია მთელი ჩვენი მოღვაწეობის შეფასებაში. ჩვენ დაფიქრებულად ვიყენებთ მას ყველა ჩვენს პროდუქტში, იქნება ეს ძებნა, რეკლამა, YouTube ვიდეოჰოსტინგი ან Play ინტერნეტ-მაღაზია. და ჩვენ თავიდანვე – და სისტემატურად – ვიყენებთ მანქანურ სწავლებას ყველა ამ სფეროში“.

ინვესტიციათა ამ ტალღის შედეგად უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში იმ ადამიანების რიცხვი, რომლებიც მუშაობენ ღრმა სწავლების სფეროში, გაიზარდა რამდენიმე ასეულიდან ათობით ათასამდე, ხოლო პროგრესმა კვლევები არნახულ დონეს მიაღწია. ამჟამად ამ ტენდენციის თვალმისაწვდომ დროში შენელების რაიმე ნიშანი არ შეინიშნება.

ღრმა სწავლებას აქვს რამდენიმე თვისება, რომელიც ამართლებს მის სტატუსს „რევოლუცია ხელოვნურ ინტელექტში“ და იგი დიდი ხნით დარჩება. შესაძლებელია, რომ ნეირონული ქსელები გაქრეს ორი ათწლეულის შემდეგ, მაგრამ ყველაფერი, რაც ამის სანაცვლოდ დარჩება, იქნება თანამედროვე ღრმა სწავლებისა და მისი ძირითადი იდეების პირდაპირი მემკვიდრე.

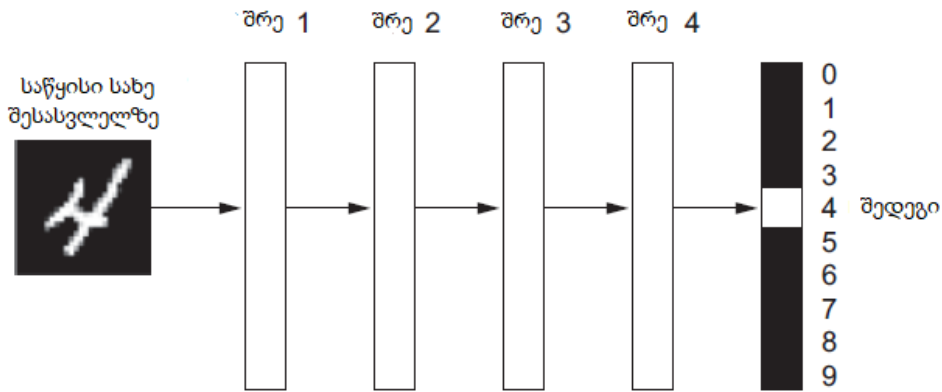
ღრმა სწავლებაში (თითქმის ყოველთვის) განიხილება მრავალშრიანი წარმოდგენები ნეირონულ ქსელებად წოდებული მოდელების გამოყენებით, რომლებიც სტრუქტურირებულია შრეთა ზედდებით.

ტერმინი ნეირონული ქსელი შემოსულია ხმარებაში ნეირობიოლოგიიდან და, მიუხედავად ამისა, თუმცა ღრმა სწავლების ზოგიერთი ფუძემდებლური იდეა ნაწილობრივად მართლაც ნასესხებია მეცნიერებიდან ტვინის შესახებ, ღრმა სწავლების მოდელები არ არის ტვინის მოდელები. არ არსებობს რაიმე სანდო მტკიცებულებაც, რომ ტვინი ახორციელებს ღრმა სწავლების თანამედროვე მოდელებში გამოყენებული მექანიზმების მსგავს მექანიზმებს.

ხერხი, რომლითაც ადამიანის ტვინით ინფორმაციის დამუშავება ხდება, მნიშვნელოვნად განსხვავდება ციფრულ მოწყობილობებში გამოყენებული მეთოდებისგან. ტვინს შეუძლია ნეირონებად (ნერვულ უჯრედებად) წოდებული თავისი სტრუქტურ-

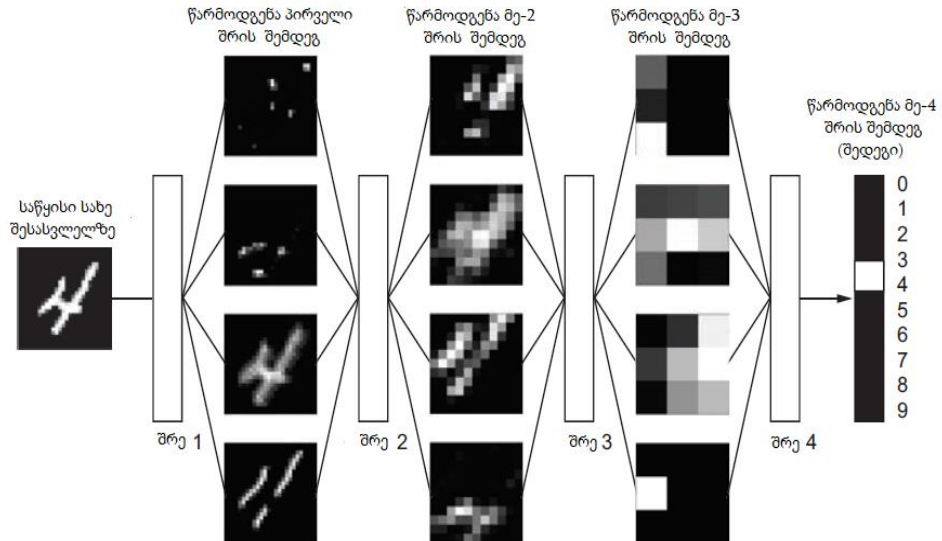
რული კომპონენტების ისეთი ორგანიზება, რომ ამ პროცესორებმა განახორციელოს კონკრეტული ამოცანების შესრულება ბევრჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე ამას თანამედროვე გამოთვლითი სისტემები ახერხებს [1-5].

მაგალითის სახით გამოვიკვლიოთ, ღრმა სწავლება მათემატიკურ საფუძვლად მონაცემთა წარმოდგენის შესასწავლად. როგორ გარდაქმნის ციფრის გამოსახულებას მისი გამოცნობისთვის სიღრმეში რამდენიმე შრის მქონე ქსელი.



ნახ. 2. ღრმა ნეირონული ქსელის ციფრების კლასიფიკაცია

როგორც ნაჩვენებია ნახ. 2 და 3-ზე, ქსელი ეტაპობრივად გარდაქმნის ციფრის სახეს წარმოდგენად, რომელიც სულ უფრო განსხვავდება საწყისი სახისგან და ხდება სულ უფრო მეტი სასარგებლო ინფორმაციის მატარებელი შედეგის შესახებ.



ნახ. 3. ციფრების კლასიფიკაციის მოდელით მიღებული ღრმა წარმოდგენები

ღრმა ქსელი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ინფორმაციის გასუფთავების მრავალეტაპიანი ოპერაცია, რომლის მსვლელობისას ინფორმაცია გადის ფილტრების მიმდევრობას და გამოდის ამ მიმდევრობიდან გაწმენდილი, გასუფთავებული სახით (ე.ი. ზოგიერთი ამოცანის ამოსახსნელად გამოსადეგი სახით).

ტექნიკური თვალსაზრისით ღრმა სწავლება მონაცემთა წარმოდგენის მიღების მრავალსაფეხურიანი ხერხია. ფილოსოფია მარტივია, მაგრამ, როგორც ირკვევა, ძალიან მარტივი მექანიზმები გარკვეული მასშტაბების პირობებში შეიძლება გაუგებრად გამოიყურებოდეს და იდუმალებით სავსეც აღმოჩნდეს

ამრიგად, განხილული საკითხი ღრმა სწავლება არის მანქანური სწავლების ნაირსახეობა, რომელიც ანიჭებს კომპიუტერს უნარს ისწავლოს გამოცდილებაზე და შეიცნოს სამყარო კონცეფციითა იერარქიით. გადმოცემულია აგრეთვე ღრმა სწავლების განვითარების ისტორიის ასპექტები, მრავალშრიანი სრულადბმული ნეირონული ქსელები, ღრმა სწავლების ბიბლიოთეკების გამოყენება, ღრმა ნეირონული ქსელების სწავლების გადატანა, ღრმა სწავლების ფილოსოფია.

ღრმა სწავლებს მოდელები აღმოჩნდა იმ გასაღებად, რომელიც უდგება ყველა საკეტს ერთდროულად: ახალი არქიტექტურები და სწავლების ალგორითმები, ასევე გაზრდილი გამოთვლითი სიმძლავრეები და მონაცემთა გაჩენილი უზარმაზარი კოლექციები იქცა იმ ფაქტორებად, რომლებსაც მოჰყვა რევოლუციური გარღვევები კომპიუტერულ ხედვაში, მეტყველების გამოცნობაში, ბუნებრივი ენის დამუშავებაში, რეკომენდაციების მაგენერირებელ ონლაინურ სისტემებში, ბიოინფორმატიკასა და ვიდეოთამაშებში, ასევე მანქანური სწავლების მრავალ სხვა ამოცანაში.

### ლიტერატურა

1. IAS Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville «Deep Learning», The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2016, 800 pages, <http://www.deeplearningbook.org/> <http://faculty.neu.edu.cn/yury/AAI/Textbook/DeepLearningBook.pdf>
2. Ян Гудфеллоу, Йошуа Бенджио, Аарон Курвилль «Глубокообучение», пер. сангл.А.А. Слинкина, 2-издание, цветное, исправленное, ДМКПресс, 2018, 654 с.
3. Сергей Николенко, Артур Кадурын, Екатерина Архангельская. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. Издательский дом Питер, 2019, 480 с.
4. François Chollet «Deep Learning with Python», by Manning Publications Co., 2018, 386 pages. Print clone: <http://faculty.neu.edu.cn/yury/AAI/Textbook/Deep%20Learning%20with%20Python.pdf>
5. Франсуа Шолле «Глубокое обучение на Python», Издательский дом Питер, 2018, 400 с. Электронная версия: <http://www.mustitz.net/attachments/download/608/deep-learning-on-python-rus.pdf>

### SUMMARY

#### PHILOSOPHY OF DEEP LEARNING

**Prangishvili A.I., Namicheishvili O.M., Gogiashvili Zh.G., Kiknadze M.G. and Ramazashvili M.T.**  
**Georgian Technical University**

The topic discussed in this article, the deep learning is a type of machine learning that gives a computer the ability to learn from experience and learn about the universe through a hierarchy of concepts. The aspects of the history of the development of deep learning, multi-layered fully connected neural networks, use of deep learning libraries, transfer of deep neural network teaching and philosophy of deep learning are, as well as presented. Deep learning models turned out to be the key, that fits for all locks at once: New architectures and teaching algorithms, as well as increased computing power and the emergence of vast collections of data became the factors that led to revolutionary breakthroughs in computer vision, speech recognition, natural language processing, online systems generating references, bioinformatics and video games, as well as many other machine learning tasks.

**Keywords:** artificial intelligence, deep learning, neural network, machine learning

თანამედროვე ციფრული ტექნოლოგიები და კორონავირუსის  
(კოვიდ 19) პანდემია

ქათამაძე ს.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**1. შესავალი**

თანამედროვე ეპოქაში, რომელიც სავსეა გამოწვევებით, წაიშალა საზღვრები და ბარიერები აღამიანებს შორის, რაც ტექნოლოგიური პროგრესის დამსახურებაა. კომპანიებმა დაიწყეს ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვა საკუთარ ორგანიზაციებში, რათა გაამარტივონ საქმიანობის პროცესი და გაზარდონ თავიანთი კონკურენტუნარიანობა. ინოვაციურმა პროდუქტებმა ჩაანაცვლა ტრადიციული საშუალებები. ციფრულმა ტექნოლოგიებმა კი შეცვალა არსებული რეალობა. გამარტივდა ინფორმაციის მოძიება.

როცა მსოფლიოში პანდემია მძვინვარებს, საავადმყოფოები გადატვირთულია პაციენტებით, სამედიცინო პერსონალის რესურსი ცოტაა, ამ დროს ყველაზე რელევანტური არის ჯანდაცვის სისტემაში შიდა პროცესების მართვა. ბევრი მოდერნიზებული პროცესი შემუშავებულია ამ პრობლემათა აღმოსაფხვრელად და მუდმივად ხდება მათი განახლება და თანამედროვე ტექნოლოგიებზე მორგება.

**2. ხელოვნური ინტელექტის როლი მედიცინაში**

ამერიკელმა და ჩინელმა ექიმებმა ექსპერიმენტი ჩაატარეს – კანგ ჟანგმა, გენომური მედიცინის ინსტიტუტის დამფუძნებელმა დირექტორმა, კალიფორნიის უნივერსიტეტის სან-დიეგოს ფილიალიდან 70 მეცნიერთან ერთად, კომპიუტერულ სისტემაში ჩინეთის ერთ-ერთი დიდი კლინიკის 1,3 მილიონი 18 წლამდე ასაკის პაციენტის ინფორმაცია შეიყვანა და რობოტი დიაგნოზის დასმაში გაწვრთნა [1].

საავადმყოფოში პაციენტთა ვიზიტების შესახებ შეყვანილი ინფორმაცია მოიცავდა როგორც ექიმების ჩანაწერებს, ისე ჩივილებით შესული აღამიანების ავადმყოფობის ისტორიას და ლაბორატორიული ანალიზების შედეგებს. მოგვიანებით, რობოტ-პედიატრს ახალი პაციენტებისთვის დიაგნოზის დასმა დაავალეს და მიღებული შედეგები ჩვეულებრივი ექიმების მიერ დასმულ დიაგნოზს შეადარეს. ექსპერიმენტმა წარმატებით ჩაიარა, რობოტმა ბევრი ინფექციური დაავადების დიაგნოზირება 90 პროცენტის სიზუსტით დასვა.

კანგ ჟანგი ამბობს, რომ მომავალში, რობოტი წარმატებით შეასრულებს პედიატრის ფუნქციების უმეტესობას. თუმცა, მისი თქმით, ბოლომდე „ხელოვნური ინტელექტი ვერასდროს ჩაანაცვლებს ექიმს“. მკვლევარები ფიქრობენ, რომ ხელოვნური ინტელექტი უბრალოდ დაეხმარება მედ-პერსონალს, რომ საკუთარი მოვალეობა უფრო ხარისხიანად და ეფექტურად შეასრულონ.

რობოტი შეიძლება განსაკუთრებით ეფექტური აღმოჩნდეს განვითარებად ქვეყნებში, სადაც ნაკლებად კვალიფიციური კადრები მუშაობენ, ან მიუვალ ადგილებში, სადაც სამედიცინო ცენტრები საერთოდ არ არის. ამასთან, ხელოვნური ინტელექტის სხვა ენებზე გადაყვანა და სპეციალიზაციის მიხედვით, კლინიკებზე მორგებაც ძალიან იოლად და სწრაფად არის შესაძლებელი [3].

კვლევის ავტორები ფიქრობენ, რომ ხელოვნური ინტელექტი, საჭირო ინფორმაციის შეყვანის შემდეგ, დიაგნოზს ზრდასრულ პაციენტებშიც ასეთივე წარმატებით დასვამს. ის შეიძლება განსაკუთრებით გამოადგეთ სასწრაფო დახმარების განყოფილებებს, სადაც პაციენტს, მედპერსონალის ნაკლებობის გამო, რიგში საათობით უწევს ყოფნა.

ხელოვნური ინტელექტი და ჩატბოტები სიახლე არ არის, თუმცა მათი ჯანდაცვის ინდუსტრიაში გამოყენება ინოვაციაა:

- Bluedot კანადაში დაფუძნებული სტარტაპია, რომელმაც მონაცემების შეგროვების ელექტრონული მოდელი შემოგვთავაზა, ის ამოიცნობს და აგროვებს ინფორმაციას ვირუსის გავრცელების შესახებ.

- გადატვირთული ჯანდაცვის სისტემის დასახმარებლად, კანადურმა სტარტაპმა Stallion.ai მრავალენოვანი ვირტუალური ასისტენტი შექმნა, რომელსაც შეუძლია ვირუსთან დაკავშირებულ კითხვებზე გიჰასუსოთ, მოგაწოდოთ ინფორმაცია, რეკომენდაციები ვირუსისგან თავის დასაცავად, ასევე, შეამოწმოს და აკონტროლოს სიმპტომები.

- ხელოვნური ინტელექტი ტემპერატურის გასაზომად და სახის იდენტიფიცირებისთვის აქტიურად გამოიყენება აეროპორტებში და სასაზღვრო კონტროლის დაწესებულებებში. აღნიშნული ფუნქციონალი კამერის გამოყენებით მყისიერად ზომავს ტემპერატურას და ამოიცნობს ადამიანს, რომელსაც პირბადე არ უკეთია.

- შესაძლებელია ავტომატური დეზინფექცია – რობოტების დახმარებით ნივთების, ავეჯის და ბინის დეზინფექცია სრულად ავტომატურ რეჟიმშია შესაძლებელი, ადამიანის ჩარევის გარეშე.

### 3. მედიცინა და მსოფლიო პანდემია

ჩინეთში, ერთ-ერთი სასტუმრო კარანტინში მყოფებს საკვებს რობოტების დახმარებით აწვდიდა. ესპანეთში, რობოტები ვირუსის ტესტირებაში დასახმარებლად მოამზადეს. გზაინდიების მიტანის მიზნით დრონებს ქმნიან ისეთი კომპანიები, როგორც UPS და ამაზონია, რათა ადამიანური სამუშაო ძალა შეამცირონ.

ხელოვნური ინტელექტისადმი ინტერესი მხოლოდ ადამიანური რესურსების ჩანაცვლების გამო არ იზრდება – უმთავრესი მაინც ადამიანების ყოველდღიურ საქმიანობაში დახმარებაა. საოფისე სამუშაოს უდიდესი ნაწილის წარმართვა უკვე სახლიდან არის შესაძლებელი. პროცესების ელვისებური „გაციფრულება“ სახლიდან მუშაობის კულტურას ამკვიდრებს, რასაც ახალი საჭიროებები სდევს თან.

ახალი კორონავირუსი COVID-19 სწრაფად ვრცელდება. ეს არის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი პრობლემა. ინფექციის გავრცელებასთან ბრძოლის საუკეთესო გზა ისეთი ღონისძიებების გატარებაა, როგორებიცაა სოციალური დისტანცირება და მაღალი რისკის მქონე ობიექტების დახურვა [2].

სწორედ ამ დროს, ისრაელში, ვაიცმანის მეცნიერების ინსტიტუტში, ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული კვლევის სისტემა გამოიგონეს, რომლითაც ხდება ვირუსების აფეთქების პროგნოზირება, რათა ხელისუფლებამ წინასწარ შეძლოს ზომების მიღება ვირუსის შესაჩერებლად. სისტემა საკვანძო საკითხებზე ფოკუსირებულ კითხვარს იყენებს, როგორებიცაა ჯანმრთელობის მდგომარეობის სიმპტომები და იზოლაციის მეთოდები. შემდეგ ამ პასუხებს ალგორითმს ადარებს, რაც პოტენციური ცხელი წერტილების ადრეული გამოვლენის საშუალებას იძლევა. ეს კი ადგილობრივ ხელისუფლებას ისეთი ღონისძიებების გატარებაში დაეხმარება, რომლებიც ვირუსის გავრცელებას შეანელებს.

ყველგან COVID-19 დომინირებს და ამიტომ გასაოცარი სრულიადაც არ არის, რომ კორონავირუსის შიშით შეშფოთებული პაციენტები ადრინდელთან შედარებით გაცილებით ხშირად მიმართავენ საავადმყოფოებსა და სამედიცინო ორგანიზაციებს.

ვირტუალურმა ასისტენტებმა სხვა სფეროებში უკვე შეუმსუბუქეს დატვირთვა მომხმარებელთა მომსახურების სამსახურის სპეციალისტებს და ახლა ანალოგიური, სპეციალურად შექმნილი ინსტრუმენტები ინერგება COVID-19-თან დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად. ჯანდაცვის აპლიკაციებსა და ვებგვერდებში ხელოვნური ინტელექტის ინსტრუმენტის ჩაშენება პირდაპირ ხდება შესაძლებელი.

ამის ერთ-ერთი მაგალითია Hyro – COVID-19-ის უფასო ვირტუალური ასისტენტი, რომელიც ჯანდაცვის ორგანიზაციებს პანდემიის მართვისას ზარებისა და შეკითხვების პრობლემასთან გამკლავებაში ეხმარება. იგი პასუხობს შეკითხვებს, რომლებსაც ხშირად სვამენ კორონავირუსზე. მათ შორისაა, სიმპტომების დახარისხება და ინფორმაციის მიწოდება სანდო და შემოწმებული წყაროებიდან, როგორებიცაა ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია და დაავადებათა კონტროლისა და პრევენციის

ცენტრი. ხელოვნური ინტელექტის ამ ინსტრუმენტებს შეუძლიათ დატვირთვა შეუმცირონ სამედიცინო პერსონალს, რომელსაც პანდემიის პირობებში უმძიმეს რეჟიმში უწევს მუშაობა.

მართალია, შესაძლოა ტესტირების პროცესი ნელი იყოს, მაგრამ ხელოვნური ინტელექტი ამ პრობლემის მოგვარებისკენაც მიდის. როგორც The Next Web იტყობინება, ხელოვნური ინტელექტის რამდენიმე ინსტრუმენტი უკვე შეიქმნა COVID-19-ის მქონე პაციენტების გამოსავლენად და მკურნალობის კურსის ჩასატარებლად, რაც სამედიცინო პერსონალის უსაფრთხოებას განაპირობებს.

ჩინეთში საზოგადოებრივი თავშეყრის ადგილებში ადამიანების ტემპერატურის სკანირებისთვის კომპიუტერული ხედვის ალგორითმი შეიქმნა. ნებისმიერი ადამიანის იდენტიფიცირება ხდება, ვისაც თუნდაც მცირედი ცხელება აქვს. ხელოვნური ინტელექტის კიდევ ერთი ალგორითმი ექიმებს ეხმარება, უფრო ზუსტად განასხვავონ ერთმანეთისგან კორონავირუსისა და ტიპური პნევმონიის მქონე პაციენტები. ვაშინგტონის შტატში დისტანციური მკურნალობისა და კომუნიკაციისთვის რობოტები გამოიყენეს, დაავადება პაციენტებისგან ექიმებზე რომ არ გავრცელებულიყო.

ხელოვნურ ინტელექტს ასწავლიან რამდენიმე წამში დაავადების დადგენას ფილტვების რენტგენის მიხედვით, ტემპერატურისა და გულისცემა გაზომვას ვიდუოდან; სხვადასხვა რეგიონში დაავადების გამოვლენასა და თვალყურის დევნებას. ხელოვნური ინტელექტის უახლესი ალგორითმები ხელს უწყობს კორონავირუსის სტრუქტურის შესწავლას.

Google DeepMind-ის განყოფილებამ ხელოვნური ინტელექტის უახლესი ალგორითმები გამოიყენა იმ ცილების შესასწავლად, რომლებიც შეიძლება COVID-19-ს უკავშირდებოდეს. კომპანიამ თავისი კვლევა ღიად გამოაქვეყნა.

DeepMind-ი ამბობს, რომ ცილების სტრუქტურების გამოთვლითი პროგნოზები ექსპერიმენტულად არ დადასტურებულა, მაგრამ ისინი იმედოვნებენ, რომ სამეცნიერო საზოგადოებას დაეხმარებიან იმის გაგებაში, თუ როგორ ფუნქციონირებს კორონავირუსი.

კომპანია BenevolentAI ყველაზე სერიოზული დაავადებების სამკურნალოდ ხელოვნური ინტელექტის სისტემებს იყენებს. ახალი კოროვირუსის წარმოქმნიდან რამდენიმე კვირის შემდეგ კომპანიის სპეციალისტებმა სისტემა ისე გადააწვევეს, რომ მას სამედიცინო ბაზარზე არსებული წამლების განხილვა მოეხდინა, თუ რომელი მათგანი უფრო გამოდგებოდა ახალ ვირუსთან საბრძოლველად.

რამდენიმე მსხვილი ტექნოლოგიური კომპანია, როგორცაა: Tencent, DiDi და Huawei – მკვლევარებს დრუბლოვანი კომპიუტერული რესურსებისა და სუპერკომპიუტერების რესურსების გამოყენების საშუალებას აძლევს. ეს სისტემები სწრაფ გამოთვლებს ასრულებენ და გადაწყვეტილებების მოდელირებას ახდენენ.

#### 4. დასკვნა

ეს იყო მოკლე მიმოხილვა თუ როგორ უმკლავდება მსოფლიო კორონავირუსის პანდემიას თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით. უსაზღვრო შესაძლებლობების ტექნოლოგია უამრავ სიახლეს გვპირდება მომავალში. ძალიან ბევრმა დარგმა დაიწყო მისი გამოყენება სხვადასხვა მიმართულებებით. კომპანიებმა ადამიანური რესურსის სწრაფი გამომთვლელი პროგრამებით ჩანაცვლება დაიწყეს.

ციფრული ტექნოლოგიის განვითარება – ადამიანთან შედარებით ბევრად უფრო სწრაფად ხდება, რაც განაპირობებს უფრო სანდო და მოქნილ სამუშაო პროცესს. თუმცა ეს იმას არ გულისხმობს, რომ მედიცინაში აღარ იქნება ადამიანის მოდერნიზაცია საჭირო, პირიქით, ადამიანები ჩაერთვებიან უფრო საჭირო და საინტერესო კვლევებში, რათა მოხდეს ინოვაციური სამკურნალო პროცედურების შექმნა, მედიკამენტების დამზადება და შემდგომ მათი გამოყენების დანერგვა უკვე მოსახლეობაში. რობოტები შეასრულებენ რუტინულ საქმეს, რომლისთვისაც მას დააპროგრამებენ ადამიანები, ხოლო თვითონ ადამიანები იმუშავებენ ახალი მეთოდების შექმნაზე. ამისათვის აზროვნების სისწრაფე არ არის საკმარისი, საჭიროა ასევე ინტელექტი, რომელიც ადამიანისგან განსხვავებით კომპიუტერს არ აქვს. აქედან გა-

მომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამ მომენტისთვის ადამიანი ქმნის, ხოლო კომპიუტერი ხვეწავს ამ ქმნილებას და მას უფრო სრულყოფილს ხდის.

#### ლიტერატურა

1. მიხეილ ჭაბუკაშვილი. ხელოვნური ინტელექტი კორონავირუსის წინააღმდეგ – წამყვანი ამერიკული ინსტიტუციები დიდ ბრძოლას იწყებენ, <https://1tv.ge/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 29.04.2021
2. თამარ ქავუარაძე. ხელოვნური ინტელექტი კორონავირუსის წინააღმდეგ, <https://nostal.ge/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 29.04.2021
3. თ. ქავუარაძე. რობოტებმა დიაგნოზი 97% სიზუსტით დასვეს და ბევრ ექიმს აჯობეს, <https://www.newsreport.ge/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 29.04.2021

#### SUMMARY

#### MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES AND PANDEMIA OF CORONAVIRUS (COVID-19)

**Katamadze S.A.**

**Georgian Technical University**

On the scale of the whole world the informational technologies and soft ware of medical sphere are developen which is favorable for improvement of the service in the sphere of public health. In the paper the role of new coronavirus in considered for development of modern technologies. Basic technological visions as well as the rates realization of new ideas are advanced, too.

**Keywords:** artificial intelligence, virtual assistant.



მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის გამოწვევები, მათზე რეაგირების ბზები და სწრაფი გამოთვლითი რესურსების საჭიროება

ოიკაშვილი ბ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

პირველი ინდუსტრიული რევოლუცია მე-18 საუკუნის მეორე ნახევარში დაიწყო სადაც მთავარი მიღწევა ადამიანის ქმედებების მექანიზაცია, ორთქლის პოტენციალის ათვისება და ორთქლის ძრავების შექმნა გახლდათ.

მეორე ინდუსტრიული რევოლუცია სათავეს მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან იღებს და მისი მთავარი მიღწევა ელექტროენერჯია, კონვეერები და მასობრივი წარმოება იყო.

მესამე ინდუსტრიული რევოლუცია სათავეს მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან იღებს და კომპიუტერულ ერას, ავტომატიზაციას და რობო-ტექნიკის შექმნა-განვითარებას უკავშირდება [1]. სწორედ მესამე ინდუსტრიულმა ნახტომმა განაპირობა და უზრუნველყო ადამიანის მოვარეზე დასმა, წინააღმდეგ შემთხვევაში მსგავსი ნახტომი კაცობრიობისთვის შეუძლებელი იქნებოდა. სწორედ მესამე, ინოვაციური ტექნოლოგიებით აღსავსე ეტაპიდან გამომდინარეობს რიგით მეოთხე რევოლუცია ცნობილი როგორც „ინდუსტრია 4.0“. ამ რევოლუციის მიზანია კომპიუტერული ტექნოლოგიების, ხელოვნური ინტელექტისა და ავტომატიზაციის სიმბიოზი. პრაქტიკულად ჩვენ ახლა იმ ტექნოლოგიური რევოლუციის ზღვარზე ვდგავართ რომლის შემდეგაც ჩვენი ცხოვრების წესი ფუნდამენტურად შეიცვლება. ეს ცვლილება კაცობრიობის ისტორიაში ყველაზე კომპლექსური და მასშტაბური იქნება. ჩვენ ჯერ არ ვიცით როგორ წარიმართება ეს პროცესი, მაგრამ ერთი რამ ნათელია: ახალ გამოწვევებს ყველამ ერთად უნდა ვუპასუხოთ, სახელმწიფო მეთაურებმა, საჯარო და კერძო სექტორებმა, აკადემიურმა და სამოქალაქო საზოგადოებებმა.

2. ინდუსტრია 4.0 და მისი როლი კაცობრიობისთვის

მომავალი ტრანსფორმაცია, არა მესამე რევოლუციის გახანგრძლივება ან გაზრდა, არამედ, თავისი სისწრაფით, გაქანებითა და სისტემური ეფექტით, მეოთხე და ყველაზე გამორჩეული გადატრიალებაა. ტექნოლოგიური გარღვევების ის ტემპი, რომელიც დღეს კაცობრიობას აქვს, უბრეცედენტოა. წინა ინდუსტრიულ რევოლუციებთან შედარებით, მეოთხე, წრფივის ნაცვლად ექსპონენციალური სიჩქარით ვითარდება. გარდა ამისა, იგი ყველა ქვეყანაში ცვლის აბსოლუტურად ყველა ინდუსტრიას. ამ ცვლილებების მოცულობა და სიღრმე, თავის მხრივ, გარდაქმნის წარმოების, მენეჯმენტისა და მმართველობის სისტემებს.

ადამიანების შესაძლებლობები უსაზღვროა, როდესაც ისინი უბრეცედენტო გამოთვლითი სიმძლავრით, მესხიერებითა და მარტივად ხელმისაწვდომი ინფორმაციით აღჭურვილი მობილური მოწყობილობებით არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. ეს შესაძლებლობები კიდევ უფრო გაიზრდება მას შემდეგ, რაც დაიხვეწება ისეთი ტექნოლოგიები, როგორებიცაა ხელოვნური ინტელექტი, რობოტიკა, ავტონომიური მანქანები, 3D-ბეჭდვა, 5G ქსელი, ნანოტექნოლოგია, ბიოტექნოლოგია, სუპერ-კომპიუტერები, კვანტური კომპიუტერული ტექნოლოგია და სხვა.

ხელოვნური ინტელექტი უკვე აქტიურად გამოიყენება ჩვენს რეალობაში. ამის კარგი მაგალითებია თვითმავალი ავტომობილები, დრონები და ვირტუალური ასისტენტები. AI-ს (Artificial Intelligence – ხელოვნური ინტელექტი) სფეროში შთაბეჭდავი პროგრესია როდესაც კომპიუტერული სიმძლავრისა და მონაცემთა აურაცხელი ბაზების საშუალებით, პროგრამას შეუძლია შექმნას ახალი მედიკამენტი ან ალგორითმის საშუალებით დაადგინოს, რა კულტურული ტენდენციები დამკვიდრდება. ციფრული და ბიოლოგიური სამყაროები ერთად მუშაობენ. ინჟინერები,

დიზაინერები და არქიტექტორები სინთეტიკური ბიოლოგიის, 3-ბეჭდვითი ტექნოლოგიის (Additive Manufacturing), კომპიუტერული დიზაინისა და ნივთიერებათა ინჟინერიის კომბინირებით ცდილობენ შექმნან ახალი, სიმბიოზური პროდუქტები.

### 3. სწრაფი გამოთვლითი რესურსების საჭიროება

ბოლო რამდენიმე ათწლეულს თუ გადავხედავთ ვნახავთ რომ სუპერ-კომპიუტერები ტექნოლოგიური განვითარების ყველა ეტაპზე ძალიან მნიშვნელოვან და ხანდახან გადამწყვეტ როლს თამაშობდა პროცესში [2]. რაც დრო გადის მათი როლი დღითიდღე უფრო იზრდება და უფრო მეტ სფეროს უკეთებს ოპტიმიზაციას დაწვებული ეკონომიკიდან დამთავრებული მანქანათმშენებლობით თუ ჯანდაცვით. მაგალითისთვის თუ მოვიყვანთ ბოლოდროინდელ გლობალურ პანდემიას, მეცნიერები მისი დასაწყისიდან მოყოლებული ებრძოდნენ მას სუპერკომპიუტერების საშუალებით. კერძოდ ვაკცინის შესაქმნელად სხვადასხვა ნივთიერებების სინთეზირებასა თუ სიმულირებას აკეთებდნენ ან ზემოაღნიშნული დიდი გამოთვლითი რესურსების დახმარებით.

დღეისათვის პრაქტიკულად წარმოუდგენელია სამეცნიერო, კვლევითი, ფინანსური თუ საწარმო სფერო რომელიც თავისი მთავარი პრობლემების გადასაწყვეტად არ იყენებს მაღალი წარმადობის კომპიუტერულ სისტემებს. სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ ცერნის გრიდ სისტემა (Cern Grid Network) რომელიც პრაქტიკულად არის სუპერკომპიუტერების ქსელი. მისი ძირითადი გამოთვლითი რესურსები ანუ სხვადასხვა დამოუკიდებელი სუპერკომპიუტერები ჩართულია აღნიშნულ ქსელში მსოფლიოს სხვადასხვა გეოგრაფიული ლოკაციიდან.

21-ე საუკუნე ზოგადად ითვლება ხელოვნური ინტელექტის ერად. დღეს ძალიან აქტიურად მიდის მუშაობა ე.წ. მანქანური სწავლების (Machine learning), დრმა სწავლების (Deep learning) და ზოგადად ხელოვნური ინტელექტის განვითარების კუთხით. ეს სფეროები კი პრაქტიკულად წარმოუდგენელია მძლავრი პარალელური გამოთვლითი რესურსის ჩართულობის გარეშე. მაგალითისთვის დღეისათვის IBM-ის ერთერთი ყველაზე თანამედროვე ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული სისტემა სახელად ვოტსონი (Watson) რომელთან ინტერაქციაც კითხვა - პასუხის რეჟიმშია შესაძლებელი ნატურალური ენის საშუალებით (ინგლისური). 2011 წელს მან თამაშში სახელწოდებით Jeopardy ამ თამაშის მოქმედ ჩემპიონებს მოუგო. დღესდღეობით IBM Watson აქტიურად და საკმაოდ წარმატებით გამოიყენება სამედიცინო სფეროში.

დღესდღეობით მანქანათმშენებლობის ინდუსტრიაში აქტიურად გამოიყენება სუპერკომპიუტერული სისტემები. აქ მათი მთავარი დანიშნულებაა სხვადასხვა ტიპის შეჯახებების სიმულირება და ამ ვირტუალური შეჯახების შედეგად საკმაოდ ფასეული და მნიშვნელოვანი ინფორმაციის მიწოდება მწარმოებლისათვის. ადრე აღნიშნული პროცესი და ანალიზი ნამდვილი მანქანების ფიზიკურად შეჯახების საფუძველზე ხდებოდა მხოლოდ.

აღნიშნული გადაწყვეტილებები ასევე აქტიურად გამოიყენება მეტეოროლოგიური, სეისმური და სხვა ტიპის მოდელირებისათვის და პროგნოზირებისათვის. გაზის, ნავთობის და სხვა წიაღისეულების მარაგების შესასწავლად.

რაც შეეხება ფინანსურ სექტორს, აქაც აქტიურად გამოიყენება მაღალი წარმადობის კომპიუტერული რესურსები სხვადასხვა წამყვანი ქვეყნის ფინანსური ინსტიტუტების და საერთაშორისო ბანკების მიერ. გამოყენების ერთერთი სფეროა დიდი მონაცემების (Big Data) დამუშავების შედეგად მიღებული სიმულაციები რაც საშუალებას გვაძლევს „ხვალინდელი“ დღის ფინანსური სიტუაციის სურათი უფრო ნათლად ვნახოთ.

### 4. დასკვნა

ჯამში მეოთხე ინდუსტრიულ რევოლუციას ქმნიან ტექნოლოგიების და გადაწყვეტილებების ისეთი ერთობლიობა როგორცაა მაღალი წარმადობის კომპიუტერული სისტემები (სუპერკომპიუტერი), დანამატი წარმოება (სამ განზომილებიანი მეტალის და სხვადასხვა პლასტიკის საბეჭდი პრინტერი), ინტერნეტთან დაკავში-

რეზული მოწყობილობები (ჩაშენებული სისტემები, სენსორები), რობოტიკა, ხელოვნური ინტელექტი, სწრაფი კავშირის საშუალება (5G Network) და ზემოაღნიშნული სისტემების სიმბიოზი.

იმისთვის რომ ფეხი ავუდგათ ინდუსტრია 4.0ს და მოვამზადოთ სტუდენტები ხვალინდელი დღის მოთხოვნებისა და სპეციალობებისათვის, საჭიროა ქვეყანაში განახლდეს მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა რის საშუალებითაც სტუდენტები შეძლებენ დაეუფლონ ხვალინდელ ტექნოლოგიებს და სპეციალობებს.

გამოვლენილია ძირითადი შემადგენელი ოთხი მიმართულება რის საშუალებითაც შევძლებთ ვიქონიოთ სრული ციკლი. ესენია: სუპერკომპიუტერი, სამონტაჟო დაფების საწარმოებელი დანადგარები (Multilayer PCB Manufacturing), ნამატი წარმოების დაზგები (3d Metal/plastic Printers), მიკროჩიპების საწარმოებელი დაზგები (Chip Manufacturing).

#### ლიტერატურა

1. Klaus Schwab, „The Fourth Industrial Revolution“, Crown Publishing Group, Affil. of Random House 201 East 50th Street New York, United States, 2017, 192 p.
2. Richard S. Segall, Jeffrey S. Cook, Qingyu Zhang, „Research and Applications in Global Supercomputing“, 672 Pages, IGI Global, 701 E. Chocolate Ave. Hershey, PA 17033, USA, 2015, 675 p.

#### SUMMARY

#### CHALLENGES OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION, THE WAYS REACTING TO THEM AND NECESSITY OF RAPID CALCULATING RESOURCES

Oikashvili B.G.

Georgian Technical University

In general, by the term „industrial revolution“ the considerable turning point in humanity history is designated, which predetermined the entirely new rule of the life and, respectively, new industrial epoch. In the paper all past and current steps, challenges and possibilities of industrial revolution as well as their effect on humanity and technological progress are considered. The role of high calculating resource, so-called supercomputer and its importance in our present and future.

**Keywords:** artificial intelligence, supercomputer, machine learning.

ავტომატიზირებული მართვის სისტემების როლი და მნიშვნელობა  
თანამედროვე საწარმოებში

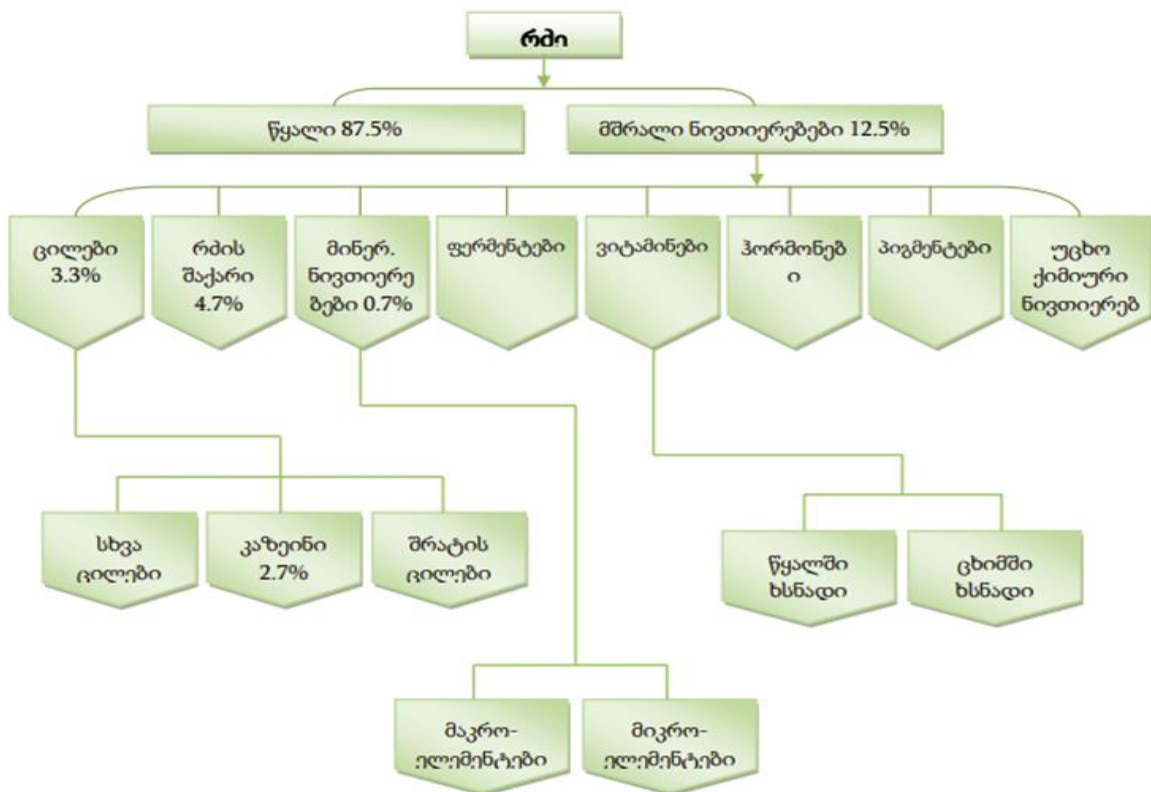
მენაბდე თ.რ., ცხოვრებაძე თ.კ., არაშვილი ნ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი**

ავტომატიზაცია ეკონომიკის განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიმართულებაა. წარმოების პროცესების ავტომატიზაციას გააჩნია შეუზღუდავი შესაძლებლობები შრომის ნაყოფიერების გაზრდისათვის, ხელს უწყობს და ცვლის შრომის ბუნებას, წარმოადგენს მოგების მაქსიმალურ და კონკურენტებთან ბრძოლის ინსტრუმენტს, აუმჯობესებს პროდუქტის ხარისხსა და უსაფრთხოებას, ადტურვილობის ათვისებასა და ზოგ შემთხვევაში მოწყობილობების მუშაობის რეჟიმის გაძლიერებას, მნიშვნელოვანი როლი აკისრია ეროვნული ეკონომიკის განვითარებაში.

საწარმოებში დანერგილი ავტომატიზაციის შედეგად მიიღება ეკონომიკური ეფექტი, რომელიც დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა კონკრეტულ პირობებში და რომელ წარმოებებში ხდება ავტომატიზაციისა და მექანიზაციის საშუალებებისა და მეთოდების გამოყენების საშუალებით პრობლემების დაძლევა. საწარმოში ავტომატიზაციის დანერგვისათვის საჭიროა მნიშვნელოვანი ინვესტიციები და კაპიტალური ხარჯები. ავტომატიზაციისათვის სწორად შერჩეული ობიექტის შემთხვევაში მალე ხდება გაწეული ხარჯების ანაზღაურება, რის შედეგადაც მიიღწევა მაღალი ეკონომიკური ეფექტიანობა.



ნახ.1. რბის ქიმია

**ძირითადი ნაწილი**

პროდუქტების მწარმოებელი ქარხანა უნდა პასუხობდეს თანამედროვე ტექნოლოგიებს და საჭიროა მათი მაქსიმალურად ავტომატიზირება. იმისათვის, რომ პასუხობდეს თანამედროვე სტანდარტებს, საჭიროა ქარხანაში არსებულ პროცესებზე რაც შეიძლება მეტი კონტროლის მექანიზმის არსებობა, პროდუქციის წარმოების ყველა ეტაპზე საჭიროა ინფორმაციის ფლობა პროდუქტის შესახებ. კონტროლის მექანიზმები საშუალებას იძლევა, მარტივად აღმოიფხვრას პრობლემები და მაქსიმალურად გაუმჯობესდეს საკვები პროდუქტების ხარისხი. ავტომატიზაციის სისტემების დანერგვა ქარხანაში ინდივიდუალურია. ყველა ქარხანაში სპეციფიურად ხდება ავტომატიზაციის სისტემების დანერგვა.

სტატიაში განხილულია ავტომატიზაციის სისტემების გამოყენების ეფექტიანობა რძის მწარმოებელ ქარხანაში.

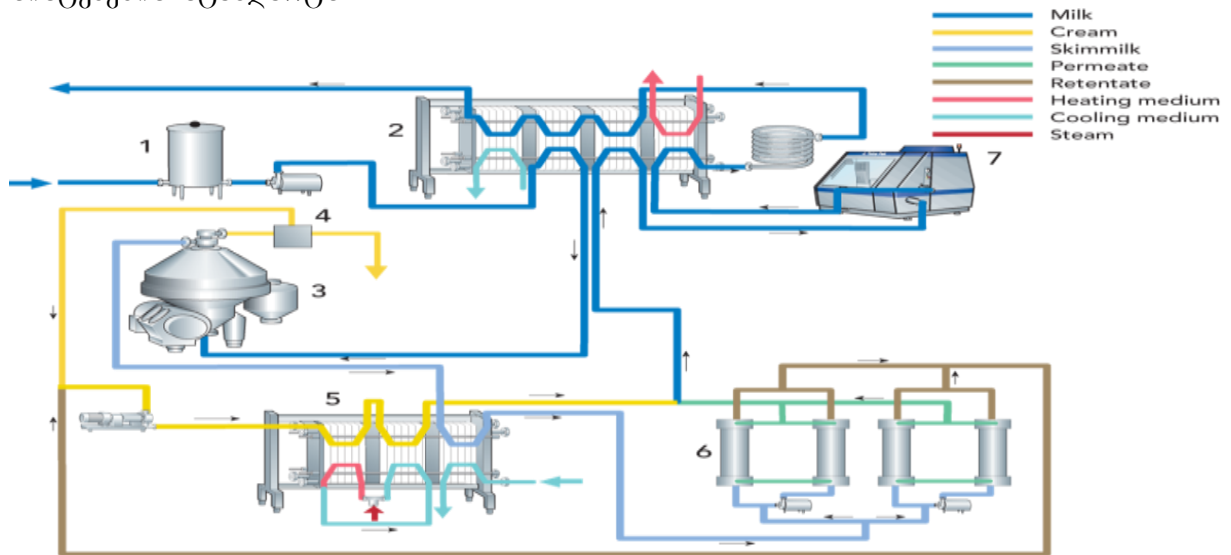
სანამ უშუალოდ ავტომატიზაციის სისტემებს განვიხილავთ რძის პროდუქტების ქარხანაში, მანამდე საჭიროა მივიღოთ ინფორმაცია ნედლეულზე.

რძის ტექნოლოგიური სქემა შედგება სხვადასხვა ტექნოლოგიური ბლოკებისგან, რომელთა თანმიმდევრობაც განსაზღვრულია იმის მიხედვით თუ რა კონკრეტული პროდუქტი მზადდება.

მაგალითისათვის განვიხილოთ პასტერიზებული რძის ტექნოლოგიური სქემა. სქემა შედგება შემდეგი ბლოკებისგან: რძის მიღება და დახარისხება, რძის გაფილტვრა და ნორმალიზება, რძის ჰომოგენიზება, რძის პასტერიზება და გაცივება, რძის გაცივება, რძის დაფასოება, შეფუთვა, მარკირება. პროდუქციის წარმოების სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე აუცილებელია რძის თვისებების და მონაცემების კონტროლი რძის წარმოების სტანდარტებთან მიმართებაში.

რძის წარმოების საწარმოების უმრავლესობა შეესაბამება:

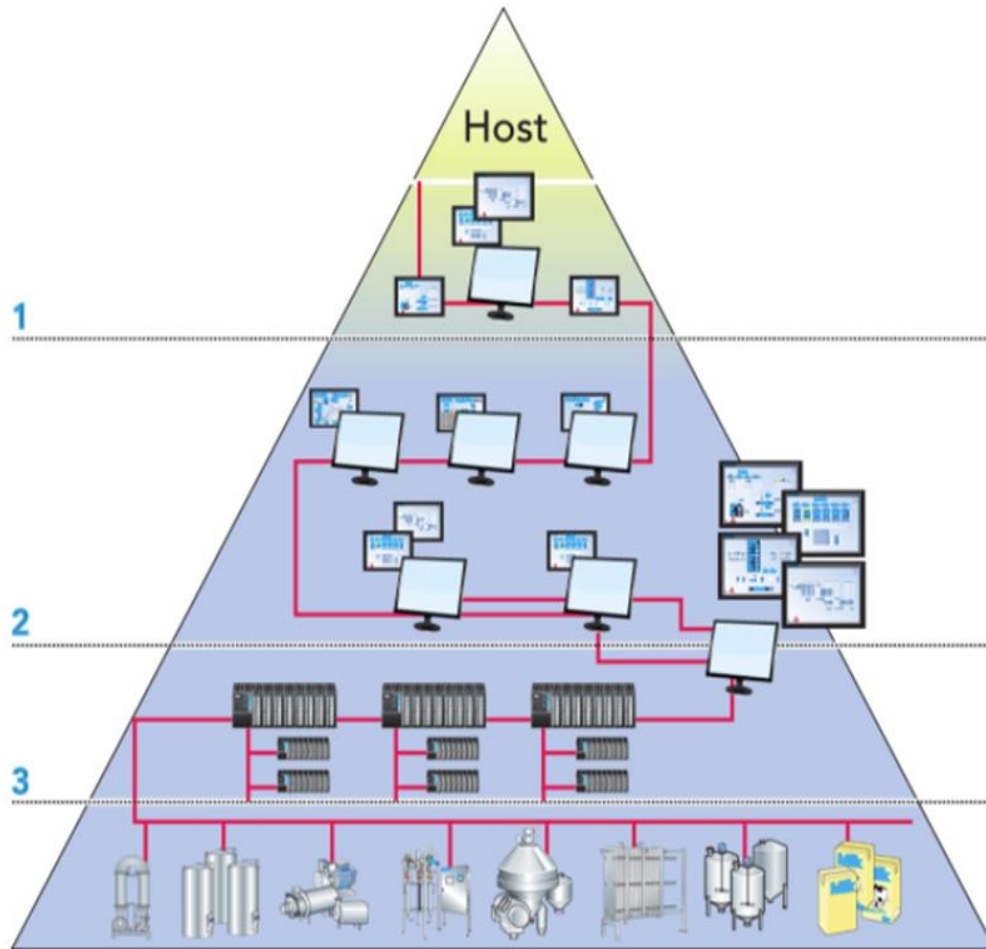
- ISO 22000 სურსათის უვნებლობის მართვის სისტემის სტანდარტს;
- HAACCP სურსათის უვნებლობის სისტემის სტანდარტს;
- ISO 14001 გარემოს მართვის სტანდარტს;
- OHSAS XXX ოკუპაციური ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების მენეჯმენტის სისტემების სტანდარტს.



**ნახ.2 პასტერიზებული რძის ტექნოლოგიური სქემა**

ავტომატიზაცია სწრაფად განვითარებადი დარგია. ათეული წლების წინ პროცესის მართვის სისტემები ემყარებოდა ლოგიკურ ფორმაში ერთმანეთთან დაკავშირებულ ელექტრომექანიკურ რელეებს. შემდეგ მოხდა მათი ჩანაცვლება ელექტრონული მართვის სისტემებით, რადგან ამ სისტემებს არ ჰქონდათ მოძრავი ნაწილები, რაც მათ უფრო საიმედოს და სწრაფს ხდიდა. შემდეგი გაუმჯობესება იყო ლოგიკური პროგრამირებადი მართვის სისტემები, რომლებიც გამოხატულია ელექტრონულ

მეხსიერებაში შენახული მონაცემების ბიტებში და არა გაყვანილობის ფიზიკური განლაგებით. ამან შესაძლებელი გახადა საჭიროებისამებრ პროგრამის შეცვლა და შეამცირა ტექნიკის ღირებულება. თანამედროვე კონტროლის სისტემებში გამოყენებულია კომპიუტერებისა და მიკროპროცესორების მზარდი შესაძლებლობები და შემცირებულია ღირებულება ადგილობრივი ერთეულებისათვის მართვის ფუნქციების განაწილების მიზნით. ეს მიდგომა მთლიან სისტემას მეტ მოქნილობასა და მაღალ პოტენციალს ანიჭებს. წარმოების პროდუქტიულობის გაზრდა შესაძლებელია მოხდეს ახალი პროცესორების საშუალებით ერთი მანქანის გაკონტროლებით ან მოხდეს მთლიანი კონტროლისა და მართვის სისტემის შექმნა,



ნახ.3. რძის წარმოების პროცესის კონტროლი

წარმოების წარმატება წარმოადგენს კომპრომის პროდუქტს, წარმოების პროცესსა და ეკონომიკურ ასპექტებს შორის, რომლებშიც დაკმაყოფილებული უნდა იყოს პროდუქტის მიმართ გარე მოთხოვნები, როგორებიცაა: კანონმდებლობა, პროდუქტის სახეობა და რაოდენობა, პროდუქტის ხარისხი, ჰიგიენა, წარმოების ხელმისაწვდომობა, მოქნილობა, შრომა და ეკონომიკა. პროდუქტთან დაკავშირებული ასპექტები მოიცავს ნედლეულს, პროდუქტის დამუშავებას და საბოლოო პროდუქტის ხარისხს, ხოლო პროცესთან დაკავშირებული ასპექტები მოიცავს პროცესის ადჭურვილობის შერჩევას გარე მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ქარხანაში გადამამუშავებელი დანადგარები არჩეულია მითითებული პროდუქტის ხარისხის მისაღწევად, საჭიროა სხვადასხვა კომპრომისი, განსაკუთრებით თუ პროდუქტის ასორტიმენტი მრავალფეროვანია. მაგალითად, ადჭურვილობის დასუფთავებისადმი მოთხოვნები, შემოთავაზებულ დასუფთავების სისტემასთან შეერთების შესაბა-

მისობა, ენერჯის მოხმარება, მომსახურე საშუალებები და კონტროლირებადი აღჭურვილობის ვარგისიანობა.

ავტომატიზაციის სისტემის დანერგვის ყველაზე მნიშვნელოვანი შედეგი კი ისაა, რომ ქარხანაში შესაძლებელი ხდება სურსათის უვნებლობის პრინციპების უკეთესი დაცვა, სტაბილური და კონტროლირებადი პროდუქტის ხარისხი იძლევა პროდუქტის ეკონომიურად წარმოების საშუალებას, გამარტივებულია წარმოების პროცესის კონტროლი შექმნილი პრობლემების დროს, დროის მცირე მონაკვეთში მარტივი მიკვლევადობა, სურსათის უვნებლობის პრინციპების დაცვა, კონტროლის სისტემის საშუალებით ხდება აღჭურვილობისა და პროცესების უწყვეტი მეთვალყურეობა. კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემა უზრუნველყოფს პროდუქტების არასასურველ შერევას, ავზების გადავსებას და სხვა ხარვეზებს რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ წარმოების შეფერხება. ასევე ხდება პროცესის მეთვალყურეობა წარმოების ყველა ეტაპზე, რაც ნიშნავს, რომ ყველა ცვლადის მოწესრიგების შემდეგ, მზა პროდუქტს ექნება მაღალი ხარისხი ოპტიმალური შედეგის მისაღწევად.

პროცესის ზუსტი კონტროლი ნიშნავს, რომ პროდუქტის დანაკარგები და მომსახურების საშუალებების, საწმენდი საშუალებების და ენერჯის მოხმარება მინიმუმამდე უნდა შემცირდეს. შედეგად, მივიღებთ კარგად დამუშავებულ და ადაპტირებულ მართვის სისტემას, რომელიც ხელს შეუწყობს წარმოების ეკონომიკას. მოქნილი წარმოების მიღწევა შესაძლებელია კონტროლის სისტემის პროგრამირებით. კონტროლის სისტემას ასევე შეუძლია უზრუნველყოს შესაბამისი წარმოების მონაცემები და ინფორმაცია ანგარიშების, სტატისტიკის, ანალიზის და ა.შ. სახით. მონაცემები ხდება მართვის უფრო ზუსტი გადაწყვეტილებების მიღების საშუალება.

#### **ლიტერატურა**

1. Hugh Jac . Automating manufacturing systems with PLCs. USA, Version 4.7, April 14, 2005, pp 811. (jackh@gvsu.edu).
2. Gösta Bylund. Dairy Processing Handbook Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden, pp. 442.
3. Peter Fellows. Food processing technology principles and practice, London United Kingdom, 2017, pp 1 226, [www.elsevier.com/permissions](http://www.elsevier.com/permissions)
4. R. K. Robinson, A. Y. Tamime (auth.), R. K. Robinson (eds.) Modern Dairy Technology Volume 2 Advances in Milk Products, London, United Kingdom, 1993, pp 522 [www:http://www.thomson.com](http://www.thomson.com)
5. Lingfeng Wang, Kay CHen Tan, Modern industrial automation software design principles and real-world applications, USA, New Jersey, 2006, pp 349.

#### **SUMMARY**

#### **THE ROLE AND IMPORTANCE OF AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEMS IN MODERN ENTERPRISES**

**Menabde T.R., Tskhovrebadze T.K. and Aroshvili N.G.**

**Georgian Technical University**

Automation is one of the important directions of economic development. As a result of automation, introduced in enterprises, an economic effect is obtained, which depends on the specific conditions and in which industries the problems are solved through the use of automation and mechanization tools and methods. The introduction of automation in the enterprise requires significant investments and capital costs. In the case of a properly selected facility for automation, the costs incurred will soon be reimbursed, resulting in high economic efficiency.

**Keywords:** automation, technological scheme, management system, system control.

## ESTIMATION OF THE MAGNETIZATION OF SOME NONCOLLINEAR MAGNETIC STRUCTURES

Gamishidze Z.M.

Shota Rustaveli State University, Batumi

**Abstract:** An effective method of studying the properties of zonal magnets is to affect the magnet by the f-d exchange field. The present work aims at the study of the effect of the f-d exchange interaction on the noncollinear state of the Co-Mn matrix. The spin-spin correlations, leading to spin fluctuations, are small in the former compound, and strong magnetic fields are required to turn the d-subsystem into ferromagnetic saturated state. The latter compound has, on the other hand, highest spin correlations among the  $Y(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$  compounds with the spin glass ground state, and a long-range magnetic order is expected to arise at comparatively low concentrations of the magnetic rare earth. The introduction of f-d exchange, like the imposition of an external field, magnetizes the d-subsystem. In fact, in these systems the d-subsystem is in the effective field  $H + H_{mol}$ . It is possible to plot the magnetization curve of the d-subsystem up to very high fields.

**Keywords:** noncollinear, exchange interaction, magnetization, transition, ferrimagnetic.

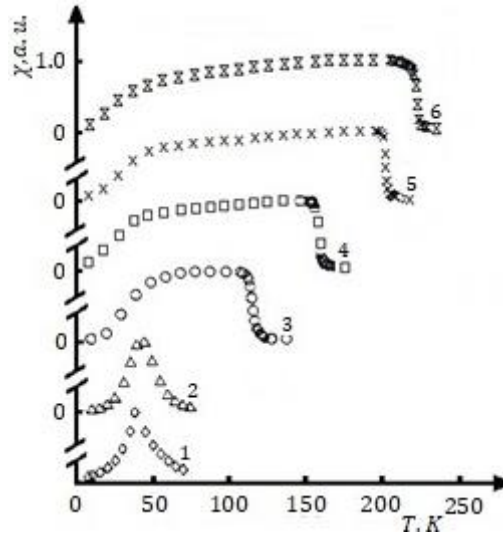
Magnetic properties of solid bodies are determined by the magnetic moments of electrons within them. In solid bodies electrons can be in two different conditions. All electronics are localized in the dielectrics. In addition to electrons in metals and alloys, there are atoms of ions that easily move in crystalline mesh and are collectivized. Free electrons can be considered as electronic gas. Accordingly, two models are used to describe the properties of magnetics. Models of localized electrons and collective electrons. According to one of the earliest sources, given by Heisenberg, the magnetic moment carriers (magnetic electrons) are localized, and their energy spectrum is described by Boltzmann's quantum statistics [1]. According to the second model, studied by Stoner and known by his name, it is considered that magnetic electrons are collected and described by the Fermi-Dirac statistics [2]. The use of a particular model for a particular magnetic field depends on their energy structure. When in the crystalline electronic levels the width is much less than the energy distance between them, the model of Heisenberg's localized moments is used. And when the distance between electronic levels in crystalline is the width of these levels, magnetic properties are described by the zonal model of collective electrons.

Although the magnetism model was formulated with the localized model of magnetic moments simultaneously, magnetic properties for a long time were described only by the Heisenberg localized model. In recent years, the situation has changed dramatically. Different methods have been determined by the zonal structure of many diamonds and their alloys, and their magnetic properties according to the collectivized electrons model. As a result, the zonal model is a commonly accepted model of the magnetic properties of d-magnetics and is widely used to describe magnetic properties of diamonds and alloys. Magnetism is characterized by the exposure of the specific character of the zonal nature of the collectivized electrons (paramagnetics zonal metamagnetism), which is well visible in the  $R\text{Co}_2$  and  $R\text{Mn}_2$  compounds. The influence of the f-d exchange interaction, induced by substitution of Gd for Y, on the magnetic behaviour of itinerant noncollinear magnetic structures is study.

The intermetalides  $Y\text{Co}_2$  and  $Y\text{Mn}_2$  are well known to be itinerant magnets. The magnetic properties essentially depend on the type of spin-spin correlations between the d-electrons of the transition metals [1,2]. In spite of the same crystal structure these compounds have different ground states.  $Y\text{Co}_2$  is an exchange enhanced itinerant Pauli paramagnet with positive d-d exchange interactions (i.e. with ferromagnetic spin-spin correlations) while antiferromagnetic correlations predominate in  $Y\text{Mn}_2$ , which turns into an antiferromagnetic state below  $\sim 90\text{K}$  [3,4]. This behavior of the  $Y(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$  systems is explained by an increase in the density of states when Co is replaced by Mn. However, due to the negative Mn-Mn exchange in these systems, it is not possible to stabilize the long-range magnetic order. When nonmagnetic yttrium is replaced by a magnetic rare earth, the subsystem of the d-electrons of these intermetalides is magnetized by the molecular field of the f-d



exchange interaction  $H_m^d$ . The character of the magnetization being metamagnetic, the d-subsystem becomes magnetically ordered in both  $R\text{Co}_2$  and  $R\text{Mn}_2$  when the molecular field  $H_m^d$  exceeds the critical field of metamagnetic transition.



**Fig. 1. Temperature dependence of the magnetic susceptibility of different  $Y_{1-t}Gd_t(\text{Co}_{0.75}\text{Mn}_{0.25})_2$  compounds in a weak ac magnetic field:  $t = 0.00$  (1),  $0.01$  (2),  $0.05$  (3)  $0.10$  (4),  $0.15$  (5),  $0.20$  (6).**

A noncollinear state arises at  $0.004 \leq x \leq 0.4$  manganese concentrations in the pseudobinary compounds  $Y(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ . Out of this range, with the exception of a narrow neighborhood of  $\text{YMn}_2$ , these compounds are itinerant paramagnets. The metamagnetic behavior of the d-subsystem was also found to disappear in the Mn-substituted compounds. Nevertheless, the long-range magnetic order can be created in this system even in zero magnetic field by means of internal molecular field acting on the d-subsystem. Such a field arises when a magnetic rare earth is substituted for yttrium. Since R-Co and R-Mn exchange interactions are negative, for heavy rare earths a ferrimagnetic order should be expected in such systems as  $Y_{1-t}R_t(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$  with the magnetic moments of cobalt and manganese parallel to each other and antiparallel to those of the magnetic rare earths. In Fig. 1 the temperature dependence of the ac magnetic susceptibility  $\chi$  for various compounds is shown. The  $\chi$  versus T curves of  $Y(\text{Co}_{0.75}\text{Mn}_{0.25})_2$  as well as of compounds with low Gd concentrations exhibit a kink characteristic of the rise of a spin glass state with decreasing temperature (see curves 1 and 2). In the compounds with  $0.05 \leq t \leq 0.20$  the susceptibility, unlike, sharply increases below a certain temperature indicating a phase transition to a magnetically ordered state. There is, besides, a low-temperature range in which the susceptibility of these compounds decreases at cooling.

The change in the character of the magnetic behaviour of  $Y_{1-t}Gd_t(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ , compounds with increasing Gd concentration also follows immediately from the Arrot plots. Fig. 2 shows  $M^2$  versus  $H/M$  plots for two compounds of the  $Y_{1-t}Gd_t(\text{Co}_{0.75}\text{Mn}_{0.25})_2$  system, with  $t=0.01$ , where the existence of a noncollinear state is supposed, and  $t=0.05$ , which is expected to have a ferrimagnetic ground state. In these compounds the anomalies in the  $\chi(T)$  dependences arise at  $\approx 50$  K and  $\approx 115$  K respectively. As is seen, the  $M^2$  versus  $H/M$  plots for  $t=0.05$  are straight lines, and the coefficient A in the expression

$$H/M = A + BM^2 + \dots \tag{1}$$

changes its sign at the ordering temperature. This is a characteristic sign of the compounds with a long-range ferro- or ferrimagnetic order. The  $M^2$  versus  $H/M$  plots for  $t=0.01$  become, in contrast, essentially nonlinear in the vicinity of a kink in the  $\chi(T)$  dependence, i.e. they cannot be described by the expression (1). Such a behaviour, as it has been demonstrated for  $Y(\text{Co}_{0.75}\text{Mn}_{0.25})_2$ , in ref. [4], is the consequence of a spin glass state formed at low temperatures.

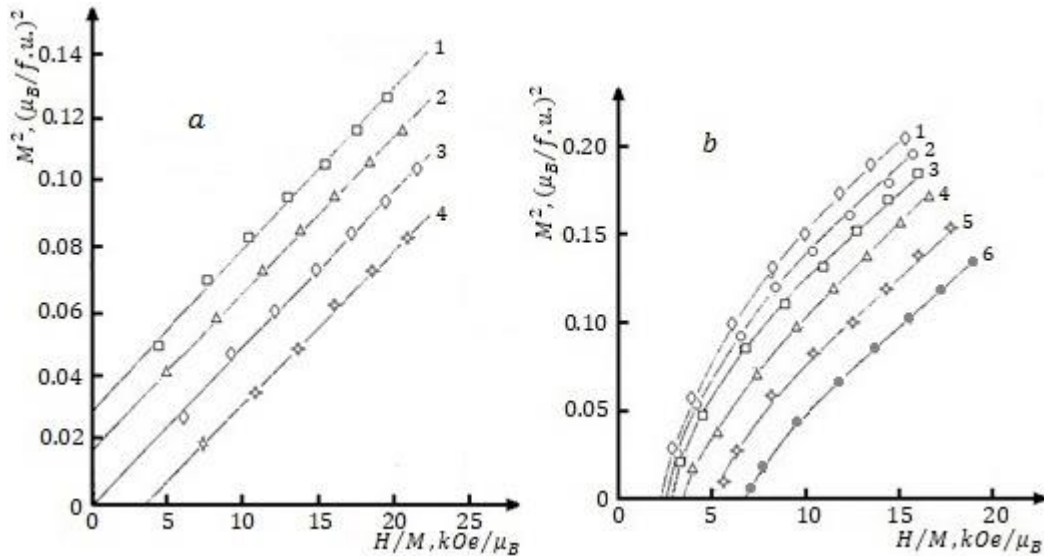


Fig. 2. Arrot plots for samples of the  $Y_{1-t}\text{Gd}_t(\text{Co}_{0.75}\text{Mn}_{0.25})_2$  system with different magnetic ground states: (a)  $t=0.05$ ,  $t=0.01$ .

There is also distinction in the magnetization processes of high and low Gd--substituted compounds. The hysteresis loop of the compound with  $t=0.05$  has a usual ferromagnetic character and irreversible magnetization processes end at comparatively low magnetic fields, while in the spin glass compound with  $t=0.01$  hysteresis loop is much more extended, and its magnetization curve runs smoothly with increasing field, indicating no clear saturation. Thus, according to above data, the compounds with high and low Gd concentrations have different ground state.

The  $Y_{1-t}\text{Gd}_t(\text{Co}_{0.93}\text{Mn}_{0.07})_2$  system can also be separated into two groups by the same way when considering magnetic properties. The main difference is that in the latter system the concentration interval of existence of a spin glass state, indicated by the kink in the  $\chi$  versus  $T$  curves, is much broader and stretches from 0 to 0.1 inclusive. Among all investigated compounds of this system only  $Y_{1-t}\text{Gd}_t(\text{Co}_{0.93}\text{Mn}_{0.07})_2$  revealed the long-range magnetic order.

Thus, a conclusion can be made that a transition to the magnetically ordered (ferrimagnetic) state takes place in noncollinear on the  $Y(\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$  system when magnetic Gd is substituted partly for nonmagnetic yttrium. The transition, as mentioned above, is caused by the magnetizing of the d-band, formed by the d-electrons of Co and Mn, with aid of the f-d exchange field. We note an essential distinction of the spin glass state in itinerant magnets. Unlike the materials with localized moments, both longitudinal and transversal fluctuations exist in them, and freezing of both components takes place below the characteristic temperature.

#### REFERENCES

1. M. Shiga, H. Wada, Y. Nakamura, J. Deportes, K.R.A. Zeibeck. //J. Physiq. 49, 1988, cc. 8-241.
2. R.Z. Levitin, A.S. Markosyan, Usp. Fiz. Nauk 155 (1988) 623 [Sov. Phys. Usp. 31 (1988) 730].
3. R. Ballou, B. Barbara, Z.M. Gamishidze, R. Lemaire, R.Z. Levitin, A.S. Markosyan. //J. Magn. Magn. Mater. 119, 1993 294.
4. S.H. Kilcoyne, A.C. Hannon and R. Cywinski. // J. Physique 49, 1988, cc.8-259.
5. H. Oesterreicher and F.T. Parker. //J. Phys. F.: Metal Phys. 12, 1982, 1027.
6. S. Tikazumi, Physics of Ferromagnetism: Magnetic Properties of Substance, 1983.

#### РЕЗЮМЕ

#### ОЦЕНКА НАМАГНИЧЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ НЕКОЛЛИНЕЙНЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР

Гамишидзе З.М.

Государственный университет Шота Руставели, Батуми

Эффективным методом изучения свойств зонных магнетиков является воздействие на магнит f-d-обменным полем. Настоящая работа направлена на изучение влияния обменного f-d-взаимодействия на неколлинеарное состояние Co-Mn матрицы. Спин-спиновые корреляции, приводящие к спиновым флуктуациям, невелики в первом соединении, и для превращения d-подсистемы в ферромагнитное насыщенное состояние требуются сильные магнитные поля. С другой стороны, последнее соединение имеет самые высокие спиновые корреляции среди соединений с основным состоянием спинового стекла, и ожидается, что дальний магнитный порядок возникнет при сравнительно низких концентрациях магнитных редкоземельных элементов. Введение f-d-обмена, как и наложение внешнего поля, намагничивает d-подсистему. Фактически в этих системах d-подсистема находится в эффективном поле. Можно построить кривую намагничивания d-подсистемы вплоть до очень высоких полей.

**Ключевые слова:** неколлинеарность, обменное взаимодействие, намагниченность, переход, ферромагнетик.

## საინჟინერიო-სამშენებლო პროექტების კომპლექსური ანალიზი

ხუციშვილი ს.ა., მუსერიძე რ.რ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი.** საინვესტიციო-სამშენებლო პროექტის განხორციელებაზე გადაწყვეტილების მიღებამდე აუცილებელია, განხილული და შეფასებული იქნას სხვადასხვა კუთხით, მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში. ტექნიკური, ორგანიზაციული, კომერციული, ეკონომიკური, ფინანსური, სოციალური, ეკოლოგიური და საინვესტიციო პროექტების სხვა სახის შეფასებებს უწოდებენ პროექტულ ანალიზს (Project Analysis). პროექტული ანალიზი წარმოადგენს პროექტის კომპლექსურ კვლევას, რომელიც სისტემურად განიხილავს სხვადასხვა სახის რესურსების გამოყენების პროცესს და მიღწეულ შედეგებს, პროექტის რეალიზებადობის განსაზღვრის მიზნით, მისი შედეგიანობის და ეფექტურობის შესაფასებლად, ასევე პროექტის განხორციელების უფრო უკეთესი ვარიანტის ასარჩევად.

ჩვენი მიზანია, აღვწეროთ და სისტემურად წარმოვადგინოთ, საინვესტიციო-სამშენებლო პროექტის წინასწარი ანალიზის თავისებურებები, მახასიათებლები და ანალიზის განხორციელების პროცესი.

**ძირითადი ნაწილი.** პროექტული ანალიზი (project analysis) – საქმიანობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი სახეა (კვლევის მეთოდი), რომელსაც ასრულებს სამშენებლო-საინვესტიციო პროექტის ინიციატორი, პროექტის წინასაინვესტიციო ეტაპზე. ანალიზის მიზანია სამშენებლო პროექტის სოციალურ-ეკონომიკური ეფექტურობის, რისკების კომპლექსის, პროექტის რეალიზაციის მიზანშეწონილობის და მისი დაფინანსების მექანიზმის განსაზღვრა.

პროექტული ანალიზი ასევე წარმოადგენს საფინანსო ინსტიტუტის (საინვესტიციო ფონდი, ბანკი, ინვესტორი) მიერ საინვესტიციო პროექტის ექსპერტიზის ძირითად მეთოდს, პროექტში მონაწილეობის მიღებაზე გადაწყვეტილების მიღების მიზნით.

საინვესტიციო პროექტის ექსპერტიზა წარმოადგენს პროექტის შესაბამისობას ინვესტორის მოთხოვნებთან, საინვესტიციო კანონმდებლობასთან და ზემოქმედების გარეშე ფაქტორებთან. ამგვარად, პროექტული ანალიზი გამოყენებული უნდა იქნას საინვესტიციო პროექტის სასიცოცხლო ციკლის ყველა სტადიაზე [1].

პროექტული ანალიზის შედეგები გამოიყენება არა მხოლოდ მის რეალიზებაზე გადაწყვეტილების მისაღებად, არამედ მისი ფაქტიური ეფექტურობის და გეგმიური ეფექტურობის შესაბამისობის უზრუნველყოფისთვისაც.

პროექტული ანალიზის ძირითად პრინციპებს წარმოადგენს:

- სისტემურობა. გათვალისწინებული უნდა იყოს, სამშენებლო პროექტის მონაწილეების, პროექტის ეკონომიკური გარემოს, მონაწილეთა დანახარჯების და შედეგებზე მოქმედ მნიშვნელოვანი ფაქტორების, ასევე შიდა, გარემოს და სინერგეტიკულ ეფექტებს შორის ურთიერთკავშირების მთლიანი სისტემა;

- პროექტული ანალიზის კომპლექსური ხასიათი – ითვალისწინებს პროექტული ანალიზის სხვადასხვა სახის გამოყენებას;

- პროექტის შედარებით არსებითი შედეგების გათვალისწინება. ეფექტურობის შეფასებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს პროექტის რეალიზაციის ყველა არსებითი შედეგი, როგორც ეკონომიკური, ასევე არაეკონომიკური (სოციალური, ეკოლოგიური, უსაფრთხოების და ა.შ.),

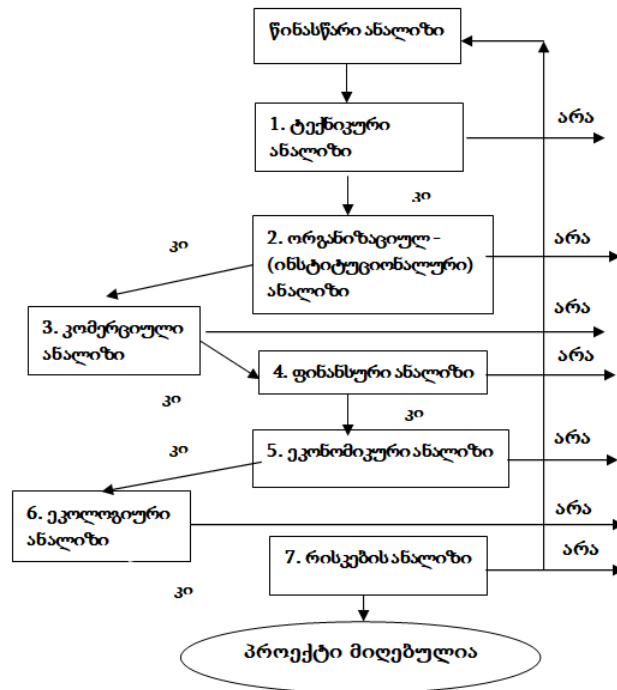
- თანაც მათი გავლენის შედეგების წარმოდგენა შესაძლებელი უნდა იყოს როგორც რაოდენობრივი ასევე ექსპერტული შეფასების სახით.

- საინვესტიციო პროექტის ანალიზის შესაძლებლობა, მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში;

- პროექტების მართვის და პროექტების შეფასების გამოყენება საერთაშორისო სტანდარტების ფარგლებში და ა.შ.

ანალიზის ყოველ სახეს გააჩნია შეფასების განსაზღვრული კრიტერიუმები.

პროექტულ ანალიზში მრავალკრიტერიუმიანი მიდგომა, გამოიყენება ყველა საერთაშორისო მეთოდოლოგიაში, მათ შორის პროექტების შეფასების EC მეთოდოლოგიაში, ასევე მდგრადი განვითარების სტრატეგიაში GRI (Global reporting Initiative) პროექტული ანალიზის ძირითადი სახეები მოცემულია სქემაზე 1:



სქემა 1. პროექტული ანალიზის პროცესის სტადიები და ანალიზის სახეები

პროექტული ანალიზის საწყის სტადიაზე მოცემულია წინასწარი ანალიზის სტადია, რომლის ძირითადი შემადგენელია ექსპრეს-ანალიზის პროცესი. ის არის პირველი და განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, პროექტის რეალიზაციის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების სტადიაზე. ტარდება პროექტის ინიციატორის მიერ და ემსახურება ორ ძირითად მიზანს:

1. ალტერნატიული პროექტების არსებობის შემთხვევაში, ინვესტორის ინტერესების შესაბამისი, უფრო უკეთესი პროექტის ამორჩევა;

2. ამორჩეული პროექტის რეალიზებადობის შესაძლებლობის ანალიზი და მასში შესაძლო ინვესტიციების ეფექტურობის შეფასება.

ექსპრეს-ანალიზის ეტაპზე ხდება ამორჩეული პროექტის წინასწარი შეფასება ინვესტორის მხრიდანაც, რათა შემოწმდეს ინიციატორის ან შემსრულებლის წარმოდგენილი შეფასებების საიმედოობა [2]. ასეთი პროცედურების მიზანია მიღებული იქნას გადაწყვეტილება ამორჩეული საინვესტიციო პროექტის უფრო სიღრმისეული ანალიზის მიზანშეწონილობის შესახებ.

ექსპრეს-ანალიზის დამახასიათებელ და უპირატეს თავისებურებებს წარმოადგენს მინიმალური შრომითი დანახარჯები, სწრაფი შედეგი და შესაბამისად პროექტის მიღების მიზანშეწონილობის შესახებ სწრაფი გადაწყვეტილებების მიღება.

ექსპრეს-ანალიზის გამოყენების გარეშე, საწყის სტადიაზე, ანალიზის ჩამოთვლილი სახეობების გამოყენებით, პროექტის უფრო სიღრმისეული და დაწვრილებითი შესწავლა, მასში სახსრების დაბანდება, შეიძლება იყოს არა მარტო გაუმართლებელი, არამედ პოტენციური ინვესტორისთვის წამგებიანიც.

მნიშვნელოვანია სქემა 1-ზე წარმოდგენილი პროექტული ანალიზის სახეების ზოგადი დახასიათება:

1. **ტექნიკურ ანალიზის (Technical Analysis)** დანიშნულებაა განსახილველ საინჟინერიო-სამშენებლო პროექტში, კონკრეტული პირობების შესაბამისად, განისაზღვროს შედარებით ეფექტური ტექნიკა და ტექნოლოგიები, შეფასდეს მისი ინოვაციური პოტენციალი.

პროექტის ტექნიკური ანალიზის პროცესში ხდება ტექნიკური ალტერნატივების, მშენებლობის ობიექტის ადგილმდებარეობის ვარიანტების, პროექტის განხორციელების ვადების და მისი ცალკეული ფაზების, პროექტის მასშტაბების, რესურსების მოძიების შესაძლებლობების და რაოდენობის დადგენის, მომხმარებელთა ბაზრის მოცულობის, პროექტის სარეალიზაციო დანახარჯების და ა.შ. კვლევა და შეფასება.

ტექნიკური ანალიზის ამოცანების გადაწყვეტა ხდება პროექტის წინასაინჟინერიო კვლევების, ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების და საპროექტო დოკუმენტაციის დამუშავების სტადიაზე. ხდება ტექნიკური არარეალიზებადობის რისკების გამოვლენა ან შემოთავაზებული სამეცნიერო-ტექნიკური გადაწყვეტის მიზანშეწონილობის შეფასება.

2. **ორგანიზაციული (ინსტიტუციონალური) ანალიზი (Institutional Analysis)** წარმოადგენს ორგანიზაციულ, სამართლებრივი, პოლიტიკური და ადმინისტრაციული გარემოს შეფასებას, რომლის სახდურებშიც ხდება მშენებლობის ობიექტების შექმნა და ექსპლოატაცია. ორგანიზაციული სტრუქტურის ადაპტაცია განსახილველი საინჟინერიო პროექტის პირობებთან.

ანალიზი მოიცავს აუცილებელ რეკომენდაციებს მართვის ორგანიზაციული სტრუქტურის ნაწილში, დაგეგმვის და კონტროლის სისტემაში, პერსონალის შერჩევას და სწავლებაში, ფინანსურ საქმიანობაში და ორგანიზაციის ზოგად პოლიტიკაში. რაც შეეხება სამშენებლო პროექტის გარემოს ანალიზს, ის მოიცავს მაკროეკონომიკური (ქვეყნის, რეგიონის) ინდიკატორების ცვლილებების შეფასებას, რომლებიც ზემოქმედებენ პროექტებზე, ასევე პროექტის სამართლებრივ ასპექტებს.

3. **კომერციული ანალიზი (Commercial Analysis)** განიხილება, როგორც პროექტის შედეგების შეფასება, საბოლოო მომხმარებლის თვალთახედვით.

საინჟინერიო-სამშენებლო პროექტის კომერციული ანალიზის ამოცანებია: მარკეტინგული კვლევები; სამშენებლო რესურსების მიღების წყაროების და პირობების განსაზღვრა; ასევე მშენებლობის პროდუქციის წარმოების და გასაღების პირობების განსაზღვრა. ძირითადი ყურადღება ეთმობა პროდუქციის და მომსახურების ბაზრის კვლევას, სამშებლო-საინჟინერიო პროექტის მოთხოვნების შესაბამისად.

4. **ფინანსური ანალიზი (Financial Analysis)** მიზნად ისახავს ინვესტიციების ეფექტურობის შეფასებას სამშენებლო ფირმის საჭიროებიდან გამომდინარე, რომელიც გეგმავს ფინანსური შედეგების მიღებას, პროექტებში ფულადი სახსრების ინვესტირების საშუალებით. ამ დროს პროექტის მომგებიანობის შეფასების გარდა, შეიძლება მოხდეს ფინანსური გეგმების ფორმირება, როცა განისაზღვრება მოთხოვნები ფინანსურ საშუალებებზე; ხდება მათი დაფარვის წყაროების მოძიება; ხდება ფულადი ნაკადების ანალიზი, ასევე პროექტის ლიკვიდურობის, ეფექტურობის, ფინანსური რისკების შეფასება.

ფინანსური ანალიზი წარმოადგენს, თვითონ სამშენებლო პროექტის და საინჟინერიო-სამშენებლო ორგანიზაციის შედეგიანობის კვლევას მიკროდონეზე. აქვეა ჩართული პროექტში მონაწილე სხვა ორგანიზაციებიც. ამასგარდა ფინანსური ანალიზი საშუალებას იძლევა, შეფასდეს პროექტის ფინანსური მიმზიდველობა ინვესტორებისათვის და /ან კრედიტორებისათვის.

5. **ეკონომიკური ანალიზი (Economic Analysis)** წარმოადგენს პროექტის კვლევას მაკროდონეზე, რომელიც დაკავშირებულია მთლიან ეკონომიკაზე, პროექტის გავლენის შესწავლასთან. ეკონომიკური ანალიზი იყენებს იგივე მეთოდებს და კრიტერიუმებს, რასაც ფინანსური ანალიზი.

ეკონომიკური ანალიზის პროცესში, სამშენებლო პროექტის ფინანსურ-ეკონომიკური ანალიზის მიზანია, პროექტის ეფექტურობის შეფასების განსაზღვრა.

6. **სოციალური (სოციო-კულტურული) ანალიზი (Social Analysis)** წარმოადგენს, მოსახლეობის ცხოვრების პირობებზე, სამშენებლო პროექტის და მისი შედეგების გავლენების კვლევას. ანალიზის მიზანია პროექტის განხორციელების ვარიანტების საარგებლიანობის დადგენა, შედეგების პოტენციალური მომხმარებლებისთვის (ანუ მოსახლეობისთვის).

სოციალური ანალიზის პროცესში აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას, პროექტს და მომხმარებელს შორის ურთიერთკავშირის შესაძლებლობა, მოსახლეობის მხარდაჭერის უზრუნველსაყოფად. ამით შესაძლებელია პროექტის წარმატებული განხორციელება.

სოციალურ ანალიზს შეიძლება მივაკუთვნოთ შემდეგი საკითხები:

- მოსახლეობის სოციალურ-კულტურული და დემოგრაფიული მახასიათებლები, რომლებიც შემხებლობაშია სამშენებლო პროექტის რეალიზებასთან;

- პროექტის რეალიზაციის რაიონში მოსახლეობის თავისებურებები;

- პროექტის შესაბამისობა ადგილობრივ კულტურასთან და ა.შ.

პროექტის სოციალურ შედეგებს შეიძლება მივაკუთვნოთ რეგიონში სამუშაო ადგილების რაოდენობის ცვლილება, მოსახლეობის საცხოვრებელი და კულტურულ-საყოფაცხოვრებლო პირობები, შრომის პირობების ცვლილება და ა.შ.

7. **ეკოლოგიური ანალიზი (Environmental Analysis)** მიზნად ისახავს გარემოს იმ პოტენციური ზიანის გამოვლენას და ექსპერტულ შეფასებას, რომელიც გამოიწვია პროექტმა, საინვესტიციო პერიოდში და მისმა შედეგებმა ექსპლუატაციის პერიოდში. ასევე, იმ ღონისძიებების განსაზღვრას, რომელიც აუცილებელია უარყოფითი ეფექტის შესამსუბუქებლად ან არმოსაფხვრელად.

საინვესტიციო პროექტის ეკოლოგიური ანალიზი ბოლო პერიოდში უფრო და უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს. პროექტის რეალიზაციის ეკოლოგიური შედეგების გათვალისწინება წარმოადგენს, პროექტის ზოგადი შეფასების მნიშვნელოვან პირობას.

8. **რისკების ანალიზი.** პროექტის ანალიზის დროს აუცილებელია განვასხვავოთ ცნება „რისკი“ და „განუსაზღვრელობა“. რისკს გააჩნია ალბათური ხასიათი და ხასიათდება პროექტის რეალიზაციისას ეფექტის (შედეგის) ვერმიღების ალბათობით ან პროექტის ყველა ან ცალკეული მონაწილისთვის ისეთი ალბათური პირობების წარმოქმნით რომლებსაც მიყვავართ ნეგატიურ შედეგებამდე. განუსაზღვრელობა არის არასრულის და არასაკმარისის (არაზუსტი) ხარისხის მახასიათებელი საწყისი ან შემდგომი ინფორმაციის, რომელიც გამოიყენება პროექტის ანალიზში.

პროექტის რისკების ანალიზი მოიცავს რისკების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ შეფასებას, რისკების ხარისხობრივი ანალიზის მიზანი წარმოადგენს მათი იდენტიფიკაცია შეფასება და პროექტის ძირითადი რისკების გამოვლენა.

რისკების რაოდენობრივი ანალიზის მიზანია ძირითადი პროექტული რისკებისთვის ფინანსური შედეგების პროგნოზის მდგრადობის დონის განსაზღვრა.

საინვესტიციო რისკების სრულფასოვანი ანალიზისთვის მნიშვნელოვანია:

ა) მოხდეს პროექტის შიდა და გარე რისკების იდენტიფიკაცია ანუ პროექტთან დაკავშირებული რისკების კონკრეტიზაცია. შესაძლებელია რისკების იდენტიფიკაციის ანექტის გამოყენება, რომლის მიზანია პასუხის გაცემა კითხვაზე: პროექტის დამუშავების დროს ეთმობა კი საჭირო ყურადღება, რისკის ყოველ სახეს?

ბ) რისკების ექსპერტული ანალიზი, რომელიც გამოიყენება საქმიანობის საწყის ეტაპზე, არასრული ინფორმაციის პირობებში;

გ) რისკების შემცირების ღონისძიებები:

- რისკების განაწილება მონაწილეებს შორის;

- სახსრების მარაგების შექმნა, გაუთვალისწინებელი ხარჯების დასაფარავად;

- დაფინანსების რისკების შემცირება;

- დაზღვევა;

დ) რისკების მართვის საქმიანობის ორგანიზება, პროექტის სასიცოცხლო ციკლის ყველა ფაზისთვის.

ე) რისკების მართვის მოდელის დამუშავება.

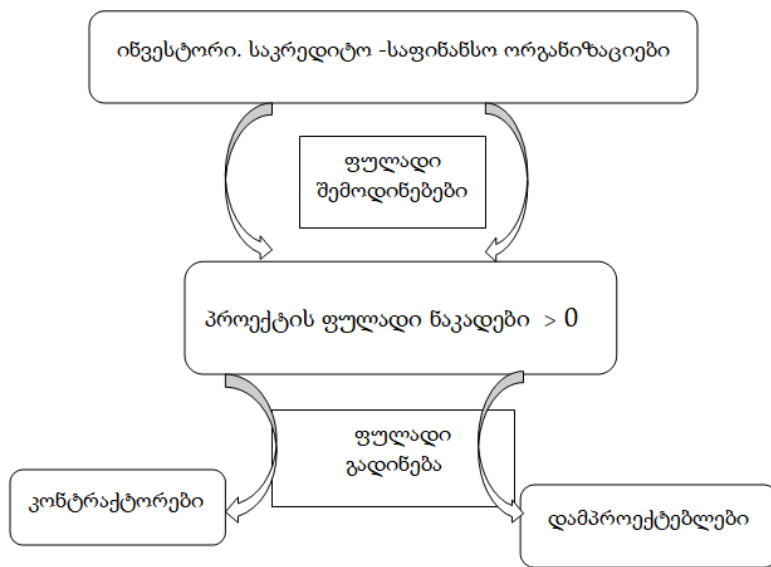
ცხადია, შესაძლებელია პროექტული ანალიზის, თითოეული ეტაპის უფრო დაწვრილებითი განხილვა, მით უმეტეს, რომ თითოეული მათგანის კვლევის, ანალი-

ზის და შეფასების შესაბამისი კრიტერიუმები და მეთოდები არსებობს, რომელთა მოძიება დაინტერესებული მკითხველისათვის რთული არ იქნება [3,4].

პროექტული ანალიზის პროცესის თითოეულ შემადგენელს, უფრო დაწვრილებით არ განვიხილავთ. ჩვენი მიზნებიდან გამდინარე შემოვიფარგლებით მხოლოდ მთლიანი პროცესის ზოგადი, სისტემური აღწერით და ანალიზით.

ჩვეულებრივ, უფრო სიღრმისეული, დეტალური დამუშავება მოითხოვება, ზემოთ წარმოდგენილი, პროექტული ანალიზის არა ყველა ეტაპისთვის, არამედ მხოლოდ ზოგიერთი მათგანისათვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ განსახილველი პროექტის დარგობრივი სპეციფიკის, ინვესტორის ან პროექტის ინიციატორის პრაქტიკული მოთხოვნებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია პროექტის შეფასება მოხდეს, პროექტული ანალიზის მხოლოდ გარკვეული სახეების გამოყენებით.

პროექტული ანალიზის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგი უნდა იყოს, სამშენებლო პროექტის სიცოცხლის უნარიანობის განსაზღვრა (სქემა 2).



სქემა 2. საინვესტიციო სამშენებლო პროექტის ფულადი ნაკადების დინამიკის სქემა

**პროექტის სიცოცხლისუნარიანობა (Viability)** გაგებულია, როგორც პროექტში შემოსავლების გენერირების შესაძლებლობა, რომელიც უზრუნველყოფს დანახარჯების (Costs) სრულ დაფარვას და დაგეგმილ მოგების (Income) მიღებას, პროექტის მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში, აგრეთვე პროექტის ექსპლუატაციის პერიოდში, შიდა და გარე გარემოს მუდმივი ცვლილებების პირობებში.

პროექტის სიცოცხლისუნარიანობის შეფასების შედეგად უნდა დადგინდეს შესაძლებლობებელია თუ არა:

1. ინვესტიციების მოთხოვნილი დინამიკის უზრუნველყოფა;

2. ინვესტიციებში ჩადებული თანხის კომპენსაციისთვის საკმარისი შემოსავლის მიღება, სავარაუდო რისკის გათვალისწინებით.

პროექტის სიცოცხლისუნარიანობის შეფასების შედეგად უნდა დადგინდეს შესაძლებელია თუ არა:

1. ინვესტიციების მოთხოვნილი დინამიკის უზრუნველყოფა;

2. ინვესტიციებში ჩადებული თანხის კომპენსაციისთვის საკმარისი შემოსავლის მიღება, სავარაუდო რისკის გათვალისწინებით.

პროექტის სიცოცხლისუნარიანობის შეფასება ხორციელდება ორ ეტაპად:

1. პროექტის განხორციელების ალტერნატიულ ვარიანტებს შორის ყველაზე მისაღები;



2. შერჩეული პროექტის დაფინანსების სტრუქტურის ვარიანტის შერჩევა, მაქსიმალური ეფექტის მისაღწევად.

ფინანსური რეალიზებადობა არის პროექტის განხორციელების მახასიათებელი, ფინანსური უზრუნველყოფის კრიტერიუმის შესაბამისად. ფინანსური რეალიზებადობის ანალიზის შედეგად განისაზღვრება, პროექტის დაფინანსების მინიმალური სიდიდე. ფინანსური რეალიზებადობის შემოწმება ხდება პროექტის ყველა აქტიური მონაწილის მთლიანი კაპიტალისათვის [4].

თანხებს, რომლებიც პროექტის მონაწილეებისაგან შემოდის პროექტში, ეწოდება შემოდინება (*Inflow*), ხოლო პროექტიდან მონაწილეებისათვის გაცემული თანხა არის გადინება (*Outflow*). პროექტის ფულადი ნაკადები (*Cash Flow*) განმარტებულია, როგორც, პროექტის რეალიზების დასაწყისიდან, ფულადი შემოდინებისა და გადინების სიდიდეებს შორის სხვაობა. პროექტი ფინანსურად რეალიზებადია თუ პროექტის განხორციელების ნებისმიერ მომენტში, პროექტის ფულადი ნაკადის მნიშვნელობა არის არაუარყოფითი.

**დასკვნა.** როგორც აღნიშნული იყო, პროექტული ანალიზი გულისხმობს, საინვესტიციო გადაწყვეტილების მომზადების ეტაპზე პროექტის კომპლექსურ ექსპერტიზას, სტატიამში დაფიქსირებული ანალიზი მიმართულებების მიხედვით, ასევე პასუხების მიღებას შემდეგ ძირითად საკითხებზე:

არის თუ არა სამშენებლო პროექტი ტექნიკურად დასაბუთებული? არის თუ არა საბაზრო მოთხოვნა მისაღოდნელ საბოლოო შედეგზე? როგორ ზემოქმედებს პროექტის გარემო, მის წარმატებულ რეალიზაციაზე? არის თუ არა პროექტი სიცოცხლისუნარიანი ფინანსური კუთხით? და ა.შ. აღნიშნული მიმართულებების განხილვა დაეფუძვნა მსოფლიო ბანკის ეკონომიკური განვითარების ინსტიტუტის დამუშავებებს, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია ზოგადად პროექტების და მათ შორის საინვესტიციო-სამშენებლო პროექტების მართვაში.

## ლიტერატურა

1. Блау С.Л. Инвестиционный анализ. -Москва: Дашков и Ко, 2014, 256 с.
2. დ. გორგიძე, ბ. ბურჯანაძე, გ. ჯავახაძე, ს. ხუციშვილი. საინვესტიციო პროექტების წინასწარი შეფასება ეკონომიკური კრიტერიუმების საშუალებით. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“. შრომები, თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2011, გვ. 104-106.
3. С.В. Бовтеев. Основы управления инвестиционно-строительными проектами. Учебное пособие. -Санкт-Петербург, издательство политехнического университета, 2013, 197 с.
4. Полканова А.В. К вопросу совершенствования экономических методов управления строительным комплексом. /В кн.: Тезисы докладов. Научно-технический конференций сотрудников, докторантов и студентов. – Кишинев, Техника-UTM, Vol.-III, 2012, сс. 457-460.

## SUMMARY

### COMPLEX ANALYSIS OF INVESTMENT-BUILDING PROJECTS

Khutsishvili S.A. and Museridze R.R.

Georgian Technical University

Before making a decision on realization of the investment-building project, its consideration and estimation is necessary from various viewpoints over whole living cycle. Project analysis involves estimations of technical, commercial, economic, financial, social, ecological and investments and other projects. Project analysis presents the complex research which considers systematically the process of the use of various resources and obtained results for determination of project feasibility, for estimation of its effectiveness, as well as for selection of better version of project realization. Our goal involves the description and systematic presentation of the peculiarities of preliminary analysis of investment-building project, characteristics and the process of analysis realization.

**Keywords:** investment-building projects, fundamental financial-economic analysis, project analysis, essence of vitality.

მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი ახალ მოდიფიკატორზე

როსნაძე გ.გ., კანკავა ა.გ., ყიფიანი პ.ნ., შალამბერიძე მ.შ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

მაღლივი შენობების, ხიდების, გვირაბების და სხვა საპასუხისმგებლო ნაგებობების მშენებლობისათვის, მაღალი სიმტკიცის ბეტონებზე მოთხოვნა ყოველწლიურად იზრდება, რაც გამოწვეულია იმით, რომ მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონების გამოყენება მშენებლობაში აუმჯობესებს მთელ რიგ ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. კერძოდ, ამცირებს შენობა-ნაგებობის მასას (რადგან ასეთი ბეტონის საშუალო მოცულობითი მასა დაბალია  $\approx 2200$  კგ/მ<sup>3</sup>) და თვითღირებულებას (ტექნოლოგიური პროცესების გამარტივების და არმატურის ხარჯის შემცირების გამო).

შემოთავაზებულია მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მიღების ორიგინალური ტექნოლოგია, რომლის მიხედვითაც, შედარებით ძვირადღირებული მოდიფიკატორების ნაცვლად, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ღუმელებიდან წანატაცი ნაცრები და ღუმელის ნარჩენი წილები (ე.წ. ბმქ-კ მოდიფიკატორი). ასეთი მოდიფიცირებული ბეტონის გამოყენება, კიდევ უფრო გააუმჯობესებს საპასუხისმგებლო შენობა-ნაგებობების ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

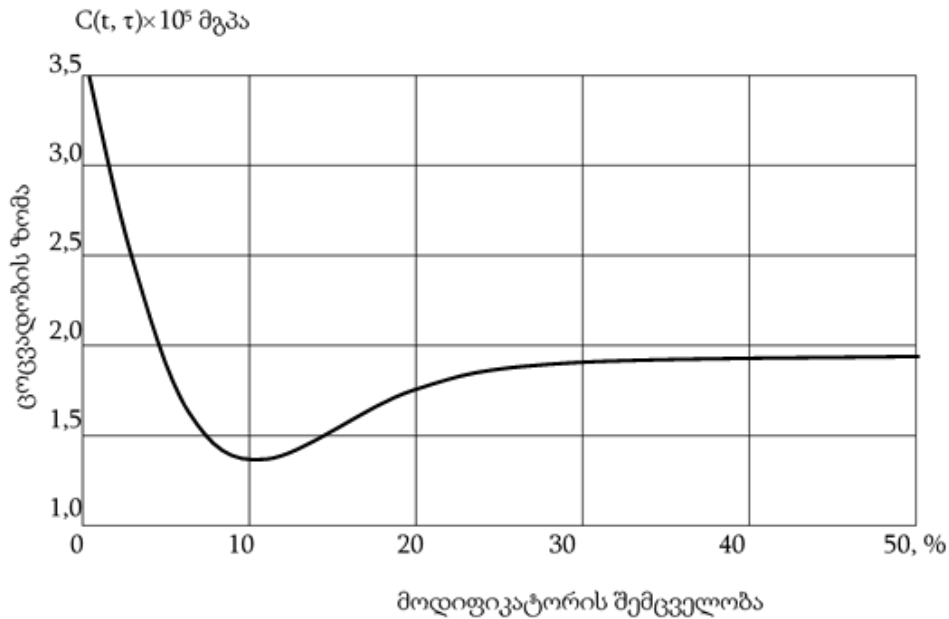
შემოთავაზებული ტექნოლოგიის პრაქტიკაში დანერგვის მიზნით აუცილებელი გახდა, რომ გამოკვლეული ყოფილიყო ახალი მოდიფიკატორის პროცენტული შემცველობის გავლენა, ბეტონის მთავარ ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე, კერძოდ, ცოცვადობის დეფორმაციის სიდიდეზე და სიმტკიცეზე, რისთვისაც შერჩეული იყო ექვსი სხვადასხვა სერიის ნიმუშები.

ექსპერიმენტისათვის საცდელი ნიმუშების თითოეულ სერიაში ნარევის შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში.

ბეტონის ნარევის შემადგენლობა, კგ/მ<sup>3</sup>

ნიმუშების სერია	ბეტონის ნარევის შემადგენლობა	ცემენტი	ბმქ-კ	ქვიშა	ღორღი	წყალი
1კ	ც+0% (ბმქ-კ)	710	-	1408	-	179
2კ	ც+10% (ბმქ-კ)	706	75	1333	-	183
3კ	ც+20% (ბმქ-კ)	691	150	1278	-	178
4კ	ც+30% (ბმქ-კ)	695	240	1224	-	168
5კ	ც+40% (ბმქ-კ)	705	280	1144	-	168
6კ	ც+50% (ბმქ-კ)	706	355	1061	-	175

საცდელი ნიმუშები დამზადებული იყო 100X100X400 მმ ზომის პრიზმის სახით. შემავსებლად გამოყენებული ქვიშის (ქ) მარცვლების ზომა არ აღემატება 5 მმ-ს. ნარევი არ შეიცავს ღორღს. ბეტონის შერევის პროცესისთვის გამოყენებული იყო ლაბორატორიული ვიბრატორი. ნიმუშების ყოველ სერიაში შედიოდა სამ-სამი ნიმუში. მოდიფიკატორი წარმოდგენილი იყო ცემენტისმაგვარი ფხვნილის სახით. განყალიბებამდე ნიმუშები რჩებოდა პოლიეთილენის აფსკით დაფარულ ყალიბში, ჰაერის ტემპერატურაზე  $17 \pm 6$  °C. ბეტონის პრიზმების გამოცდა ხდებოდა ჰიდრაულიკურ წნეხზე, განყალიბებიდან არაუმეტეს სამი და არაუგვიანეს ორი საათის განმავლობაში. ნიმუშების განყალიბებას ვახდენდით გამყარებიდან 50 დღე-ღამის გასვლის შემდეგ. ყოველი სერიის ნიმუშების გამოცდის შედეგების გასაშუალებელი მნიშვნელობებით აგებული იქნა დამოკიდებულება ბეტონის ცოცვადობის ზომასა და მასში მოდიფიკატორის პროცენტულ შემცველობას შორის (ნახ.1).



ნახ.1. ცოცვადობის ზომის ცვლილება მოდიფიკატორის დოზირების ცვლილებასთან დაკავშირებით

მოდიფიკატორის 0%-ის შემცველობისას, ცოცვადობის დეფორმაცია უდიდესია და შეადგენს  $3,5 \times 10^5$  მგპა-ს, რაც შეესაბამება ტრადიციულ ბეტონებში ცოცვადობის მნიშვნელობას [1,2]. მოდიფიკატორის პროცენტული შემცველობის გაზრდა ბეტონში  $\approx 12$  %-მდე, იწვევს ცოცვადობის ზომის შემცირებას  $\approx 1,4 \times 10^5$  მგპა-მდე, ხოლო მოდიფიკატორის შემცველობის შემდგომი გაზრდა დაკავშირებულია ცოცვადობის ზომის გაზრდასთან  $\approx 1,8 \times 10^5$  მგპა-მდე.

ეს უკანასკნელი გამოვლენილი დამოკიდებულება, ბეტონის ცოცვადობის ზომისა და მოდიფიკატორის პროცენტულ შემცველობას შორის, შეიძლება ახსნილი იქნას მოდიფიკატორის შემადგენლობის გათვალისწინებით. იგი შეიცავს ცემენტში შემავალ მსგავს კომპონენტებს, ამიტომ მოდიფიკატორი ცემენტის მსგავსად, ბეტონში ასრულებს შემკურვლის ფუნქციას. ამის გამო, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ბეტონში (ბმქკ) მოდიფიკატორის შემცველობის გაზრდა  $\approx 12$  %-ს ზემოთ, არ იწვევს სიმტკიცის პირდაპირ პროპორციული სიდიდით გაზრდას და ამის გამო, ცოცვადობის ზომის მოდიფიკატორის შესაბამისად, პირდაპირ პროპორციულად შემცირებას.

ფიზიკური არსის ახსნა იმის, რომ ბეტონში მოდიფიკატორის შემცველობის გაზრდა იწვევს ცოცვადობის ზომის შემცირებას, შეიძლება შემდეგნაირად. მოდიფიკატორში და ცემენტის ქვაში შემავალი ზოგიერთი კომპონენტის ანალოგიურობის გამო, უფრო მისაღებია საკვლევ ბეტონის ცოცვადობის ბუნების ახსნა ე.წ. ცემენტის ქვის მოდელის მიხედვით, სადაც დატვირთული ბეტონის ცოცვადობა განიხილება როგორც გელის ბლანტი დინების და კაპილარული წნევის შედეგი. შედარებით მაღალი დონის ძაბვაზე დატვირთვისას, აღნიშნულს ემატება ბეტონის სტრუქტურული ცვლილებები, კერძოდ მიკრობზარების წარმოქმნა და განვითარება; ამის შედეგად კი ადგილი აქვს კრისტალური წამონაზარდების ცალკეული ნაწილაკების ზედაპირების ერთმანეთის მიმართ ურთიერთ გადაადგილებას. აღნიშნული ფაქტორების ერთდროული მოქმედებისას, ნიმუშების დატვირთვის  $0,62R_{BM}$  დონეზე, მოდიფიკატორების გარეშე ბეტონის ჯამური ცოცვადობის დეფორმაციის სიდიდე მაქსიმალურია ( $3,5 \times 10^5$  მგპა). ბეტონში მოდიფიკატორის შემცველობის  $\approx 12$  %-მდე გაზრდით ცოცვადობის დეფორმაციის სიდიდე აღწევს მინიმალურ სიდიდეს ( $1,4 \times 10^5$  მგპა). ვინაიდან პრაქტიკულად შეუძლებელია ცემენტის ქვის მარცვლის შიგა ნაწილში მოდიფი-

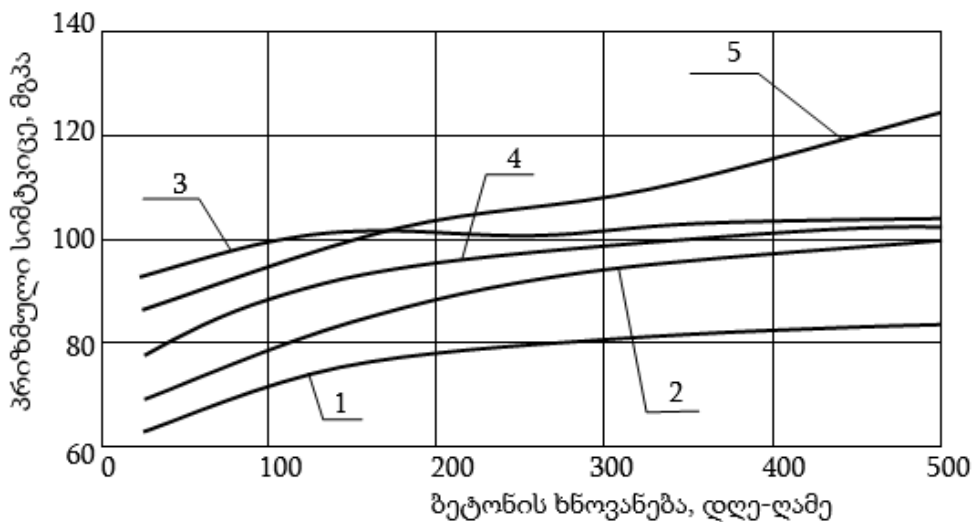
კატორის შეღწევა, გამორიცხულია მოდიფიკატორმა გავლენა იქონიოს ცოცვადობის დეფორმაციის სიდიდეზე, რომელიც დაკავშირებულია გელის ბლანტ დინებასთან და კაპილარულ წნევასთან. სავარაუდოა, რომ მოდიფიკატორის  $\approx 12\%$ -მდე გაზრდით, იზრდება ბეტონის სიმტკიცე, რის შედეგადაც შეჩერებულია ბეტონში სტრუქტურული ცვლილებები, მიკრობზარების წარმოქმნა და განვითარება. ამავე მიზეზით შეზღუდულია აგრეთვე კრისტალური წამონაზარდების ცალკეული ნაწილაკების მსხვრევა და ერთმანეთის მიმართ მათი ზედაპირების ურთიერთ გადაადგილება; ორივე ერთად განაპირობებს ცოცვადობის დეფორმაციის შემცირებას. ბეტონში მოდიფიკატორის  $12\%$ -დან  $50\%$ -მდე გაზრდით ცოცვადობის დეფორმაცია შემცირების ნაცვლად, უმნიშვნელოდ, მაგრამ იზრდება  $1,8 \cdot 10^5$  მგპა-მდე და დარღვეულია ბეტონის სიმტკიცის ზრდის მიზეზით ახსნილი კანონზომიერება, დაკავშირებული მასში მოდიფიკატორის პროცენტული შემცველობის ზრდასთან. ამის გამო, საინტერესოა გამოკვლეული იქნას მოდიფიკატორის პროცენტული შემცველობის გავლენა ბეტონის სიმტკიცეზე. ახალი შემადგენლობის ბეტონის სიმტკიცის კვლევისათვის დამზადებული იქნა ცხრილში მოცემული შემადგენლობის 1კ, 2კ, 3კ, 4კ სერიის ნიმუშები და განსხვავებული შემადგენლობის 5კ სერიის ნიმუშები. ამ უკანასკნელში მოდიფიკატორის შემცველობა  $20\%$ -ია, ხოლო ქვიშის შემცველობა ორჯერაა შემცირებული და დამატებულია იმავე რაოდენობის ღორღი. ნიმუშები გამოცდილი იქნა კუმშვაზე. გამოცდის შედეგების მოცემულია ნახ. 2-ზე, საიდანაც ჩანს, რომ:

ყველაზე დაბალი სიმტკიცე გააჩნია 1 კ სერიის ნიმუშებს (მრუდი 1), რომელთა შემადგენლობაში არ შედის მოდიფიკატორი;

2კ, 3კ სერიის ნიმუშების ბეტონის სიმტკიცე იზრდება, მათში მოდიფიკატორის შემცველობის  $10\%$ -დან  $20\%$ -მდე გაზრდით (მრუდი 2, 3);

4კ სერიის ნიმუშების ბეტონის სიმტკიცე, მასში მოდიფიკატორის  $30\%$ -მდე გაზრდისას იზრდება (მრუდი 4), თუმცა მოდიფიკატორის შემცველობის გავლენა სიმტკიცეზე განსხვავებულია. კერძოდ, მოდიფიკატორის  $30\%$ -ის შემცველობის ბეტონის სიმტკიცე ნაკლებია  $20\%$ -ის შემცველობის ბეტონის სიმტკიცეზე;

300 დღე-ღამეზე მეტი ხნოვანების ბეტონების სიმტკიცე, მოდიფიკატორის  $20\%$ -ით შემცველობის გაზრდით, პრაქტიკულად უმნიშვნელოდ იცვლება.



ნახ.2. პრიზმული სიმტკიცის ცვლილება დროში

ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის ცვლილების თავისებურება, მოდიფიკატორის  $12\%$ -ზე მეტი შემცველობისას, შეიძლება აიხსნას მისი სიმტკიცის ცვლილების გამოვლენილი თავისებურებით.

ახალი მოდიფიცირებული ბეტონის სიმტკიცე მაღალია და უტოლდება ცნობილი მოდიფიცირებული ბეტონების სიმტკიცეს [2,3]. მისი გაზრდა კიდევ უფრო შესაძლებელია ბეტონში ქვიშასთან ერთად, ღორღის შემავსებლის დამატებით (ნახ. 2 მრუდი 5).

ამრიგად, ახალი მოდიფიცირებული ბეტონის ტევადობის დეფორმაციისა და სიმტკიცის ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ:

1. მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი, ახალ მოდიფიკატორზე, ცოცვადობის დეფორმაციის და სიმტკიცის მაჩვენებლების მიხედვით ერთ-ერთი საუკეთესოა, არსებულ სხვა მოდიფიცირებულ ბეტონებს შორის.

2. მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვან ბეტონს ახალ მოდიფიკატორზე, უკეთესი ცოცვადობის დეფორმაციის და სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლები აქვს მოდიფიკატორის 12 %-დან 20 %-მდე შემცველობის ფარგლებში.

#### ლიტერატურა

1. Александровский С.В., Васильев П.И. Экспериментальные исследования ползучести бетона. /В сборнике «Ползучесть и усадка бетона и ж/б-ных конструкции», Строиздат, 1976, сс. 145-160.
2. Цилосани З.Н. Усадки и ползучесть бетона. -Тбилиси, Мецნიერება, 1977, сс.27-31.
3. ვ. კანკავა, ა. ნადირაძე, გ. როსნაძე. მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი ორგანულ-მინერალურ მოდიფიკატორებზე და მისი ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა. //ენერჯია, №3, თბილისი, 2009, გვ. 142-145.

#### SUMMARY

#### HIGH-STRENGTH FINE-GRAINED CONCRETE ON A NEW MODIFIER

Rosnadze G.V., Kankava A.V., Kipiani P.N. and Shalamberidze M.R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The nature of the change in creep deformation and stiffness under the influence of the modifier content in concrete is revealed. It has shown that by increasing the content of the new modifier in concrete to  $\approx 12\%$ , the creep size decreases, and with its subsequent increase to  $\approx 50\%$ , the creep size increases. It was established that the content of 20% of the new modifier significantly increases the strength of concrete.

**Keywords:** concrete, creep, modifier.

ტრადიციული და მაღალი სიმტკიცის ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმი

როსნაძე გ.ვ., კანკავა ა.ვ., შალამბერიძე მ.შ., ბანძელაძე ბ.რ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ცემენტის შედგენილობასთან მიახლოებული ახალი ბუნებრივი საბადოების აღმოჩენა ქმნის შესაძლებლობას შეიქმნას სამამულო წარმოების შედარებით დაბალი თვითღირებულების ცემენტი, და აქედან გამომდინარე შეიქმნას დაბალი თვითღირებულების ტრადიციული და მაღალი სიმტკიცის ბეტონი. ამ უკანასკნელი სახეობის ახალი დაბალი თვითღირებულების ბეტონის მიღების შესაძლებლობა დამატებით იქმნება აგრეთვე, ახალი ეფექტური და ამავე დროს დაბალი თვითღირებულების მოლიფიკატორის გამოყენების შემთხვევაში.

შემუშავებული ახალი ცემენტის, ბეტონების წარმოების ორგანიზაცია და მშენებლობაში დანერგვა დაკავშირებულია მრავალ რთულ და ხანგრძლივ ექსპერიმენტულ კვლევებთან.

ექსპერიმენტული კვლევების მნიშვნელოვნად შემცირება შესაძლებელია ტრადიციული და მაღალი სიმტკიცის ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმების არსებობის და გამოყენების შემთხვევაში. კერძოდ, კვლევების საწყის ეტაპზე შესაძლებელია კრიტერიუმთან შედარების შედეგად გამოვლენილი იქნას უკეთესი შემადგენლობის ბეტონები და მხოლოდ მათზე გაგრძელდეს კვლევები.

ჩვენმა კვლევებმა და მრავალი ავტორების [1-3] კვლევების ანალიზმა აჩვენა, რომ ტრადიციული ბეტონების შეფასების კრიტერიუმი დაკავშირებული უნდა იყოს ბეტონების ცოცვადობის დეფორმაციასთან. აღნიშნულის საფუძველზე წამოყენებული იქნა ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ტრადიციული ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმი შეიძლება დაკავშირებული იქნას დამოკიდებულებასთან – ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციასა და მის მარკას შორის, ხოლო ეს უკანასკნელი, როგორც ცნობილია, დამოკიდებულია ბეტონის ნარევი გამოყენებული ცემენტის სახეობაზე და მასში ცემენტის პროცენტულ შემცველობაზე.

ცხრილი 1-ში მოცემულია რ. ა. მელნიკის, ვ. ი. ფედორჩუკის და ი. ი. ლიბენეცის მიერ ბეტონის ცოცვადობის შესწავლის მიზნით ჩატარებული კვლევების შედეგები. ისინი ახდენდნენ 900 და 1000 მარკის ბეტონების ცოცვადობის შესწავლას. ბეტონის დასამზადებლად გამოყენებული იყო ცემენტი მარკით 600. ცემენტის ხარჯი 900 და 1000 მარკის ბეტონებისათვის შესაბამისად იყო 500 და 600 კგ/მ<sup>3</sup>.

ექვსი დღე-ღამის განმავლობაში ნიმუშები ინახებოდა დატენიანებულ ნახერხში. ყველა ნიმუში განთავისუფლებული იქნა ყალიბიდან გამყარების შემდეგ. ცოცვადობაზე გამოცადა პრიზმები ზომით 10x10x30 სმ. გამოცდები ჩატარდა ზამბარებიან დანადგარზე.

დგარზე ზამბარები დატვირთული იყო ძაბვის სხვადასხვა დონეზე: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8.

ცხრილი 1. ბეტონის ცოცვადობის დამოკიდებულება მის სიმტკიცეზე

ბეტონის მარკა	ცოცვადობა, დატვირთვის დონეები			
	0,2	0,4	0,6	0,8
900	<u>1,84</u>	<u>2,06</u>	<u>2,54</u>	<u>3,38</u>
	1,78	1,98	2,60	3,40
1000	<u>1,64</u>	<u>1,78</u>	<u>2,16</u>	<u>2,91</u>
	1,54	1,68	2,10	2,98

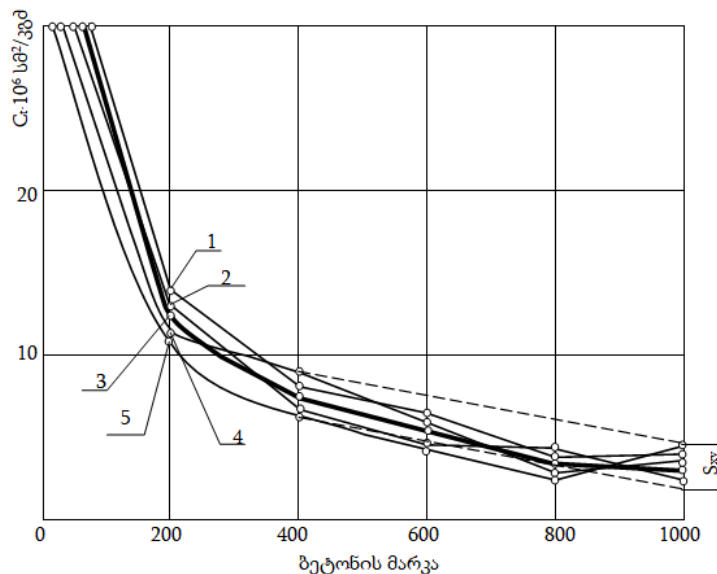
დატვირთვიდან 28 დღე-ღამის ხნოვანების ყველა საცდელ ნიმუშზე განისაზღვრა ფარდობითი დეფორმაციები  $0,2 \cdot 10^5$  სმ/კგმ,  $0,4 \cdot 10^5$  სმ/კგმ ძაბვის შესაბამის დონეზე. მნიშვნელში მოცემულია ჩვენი კვლევის შედეგები (ცხრილი 1).

ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნიმუშების დატვირთვის ძაბვების დონეებზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ცოცვადობის დეფორმაციის ხვედრითი მნიშვნელობები. ბეტონის მარკის გაზრდისას ცოცვადობის დეფორმაცია მცირდება, მათ შორის ჩვენი კვლევებითაც. პრაქტიკულად იგივე შედეგი აჩვენა ბეტონების ცოცვადობის შესახებ მრავალმა მკვლევარმა, რომელთა შედეგების განზოგადება მოცემულია ნახ.1-ზე.

კერძოდ, ამ ნახაზზე განზოგადებულია ტრადიციული ბეტონების კაროლ-სტიკის (1), სიტნიკის (2), ვიოლას (3), გუმელის (4), როსის (5) ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები ცოცვადობის დეფორმაციის შესახებ. ამ ავტორების თითოეული 1, 2, 3, 4, 5 მრუდი აგებულია მათი ექსპერიმენტული მონაცემების საშუალო მნიშვნელობების მიხედვით.

ნახ.1-დან ჩანს, რომ თითოეული მარკის ბეტონისათვის ცალკეული მკვლევარების მონაცემები განსხვავებულია, მაგრამ მათი ცვლილების ხასიათი ბეტონის მარკის ცვლილების შესაბამისად, ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებას, კერძოდ წარმოდაგენს ექსპონენტას. იგი ბეტონის მარკის ზრდასთან ერთად ასიმპტოტურად უახლოვდება აბსცისთა ღერძს. აღსანიშნავია ისიც, რომ ბეტონის მარკის (სიმტკიცის) გაზრდის მიუხედავად ცოცვადობის დეფორმაციის მნიშვნელობების გადახრა ექსპონენტიდან (დისპერსია  $S_{xy}$ ) პრაქტიკულად ერთნაირია.

200-ზე დაბალი მარკის ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის ცვლილების ხასიათი არაწრფივია. მასზე უფრო მტკიცე ბეტონების შემთხვევაში დამოკიდებულება შეიძლება ჩაითვალოს პრაქტიკულად წრფივად.



ნახ.1. სხვადასხვა ავტორების კვლევების მიხედვით მიღებული დამოკიდებულება ბეტონის მარკასა და ცოცვადობის ზომას შორის

ამ უკანასკნელის გამოსავლენად გამოკვეთილი იქნა ბეტონის მარკასა და ცოცვადობის ზომას შორის კორელაციური კავშირის დონე. ცხრ. 2-ში ბეტონის მარკის (X) და ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციის (Y) მონაცემები. ამავე ცხრილში მოყვანილია აღნიშნული მონაცემების მიხედვით გაანგარიშებული სიდიდეები, რომლებიც საჭიროა შესაძლო კორელაციური კავშირის გამოსავლინებლად.

კვლევის დასაწყისში დაშვებული იქნა, რომ დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$y = \alpha + \beta x \tag{1}$$

$\alpha, \beta$  კოეფიციენტები x და y სიდიდეების მიხედვით გაინაგარიშება.

ცხრილი 2. მონაცემები ბეტონის სიმტკიცესა და ცოცვალობის ზომას შორის არსებული კავშირის დასადგენად

№	$x_i \times 10^{-2}$	y	xy	$x^2$	$y^2$
1	2	12,4	24,8	4	153,76
2	4	7,6	30,4	16	57,76
3	6	6,2	37,2	36	38,44
4	8	3,3	26,4	64	10,89
5	10	2,24	22,4	100	5,0176
Σ	30	31,74	141,2	220	265,8676

კორელაციური კავშირის გათვლის შედეგად მიღებული

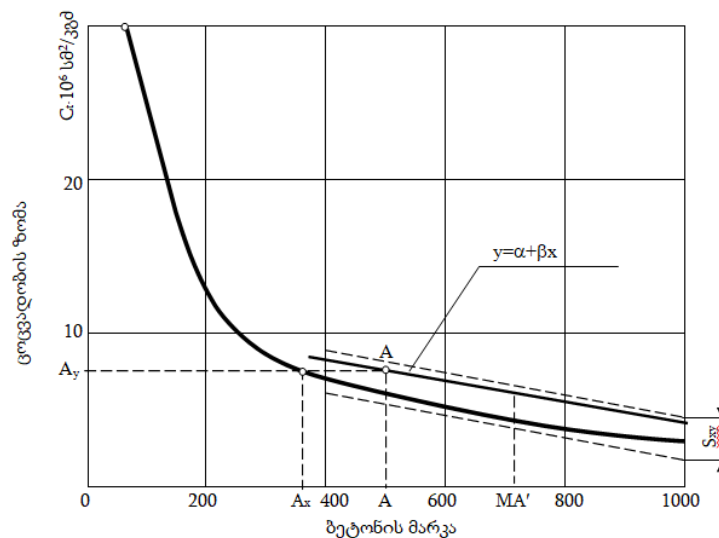
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}} = \frac{(30 - 6)(31,74 - 6,348)}{\sqrt{(30 - 6)^2 (31,74 - 6,348)^2}} = 0,98 \quad (2)$$

მაღალი კორელაციური კავშირი მიუთითებს იმაზე, რომ M800-დან M200 მარკამდე ბეტონისათვის საკვლევი დამოკიდებულება დიდი სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს მიახლოებული წრფესთან.

თუ საკვლევი ბეტონი, მისი არსებულ ტრადიციულ ბეტონებთან შედარებისათვის, ერთი ექსპერიმენტის მიხედვით აიგება A წერტილი. მასზე გაივლება ექსპონენტას ასიმპტოტის პარალელური ხაზი. თუ A წერტილი და მასზე გაკვლეული პარალელური წრფე ემთხვევა ასიმპტოტას ან იმყოფება ბეტონის მარკის და ცოცვალობის დეფორმაციის სიდიდეების გაზნევის არეში (Sxy დისპერსია) (ნახ. 2), მაშინ ცოცვალობის დეფორმაციის და ბეტონის მარკის მიხედვით საკვლევი ბეტონი დამაკმაყოფილებელია და მსგავსია ერთ-ერთი არსებული უკვე გამოკვლეული და პრაქტიკულად გამოყენებული ტრადიციული ბეტონის.

საკვლევი ბეტონის A წერტილის შესაბამისი ცოცვალობის დეფორმაცია შეიძლება გააჩნდეს ბეტონს, რომელსაც შეესაბამება  $A_x$  მარკა, ბეტონის ნარევიში ცემენტის შესაბამისი შემცველობის შემთხვევაში.

ამრიგად, ბეტონის წინასწარი შეფასების კრიტერიუმის მიხედვით შეიძლება დაზუსტდეს აგრეთვე საკვლევი ბეტონში ცემენტის პროცენტული შემცველობის ოპტიმალური მნიშვნელობა.



ნახ. 2. საკვლევი ბეტონის შედარება წინასწარი შეფასების კრიტერიუმის მიხედვით, უკვე გამოკვლეულ ტრადიციულ ბეტონთან



მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების განმარტოვებული პარამეტრი, მრავალი კვლევის აზრით, დაკავშირებულია აგრეთვე ბეტონის ცოცვალობის დეფორმაციის სიდიდესთან.

სხვადასხვა ავტორების, მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის კვლევის შედეგები განზოგადებულია და წარმოდგენილია ცხრ. 3-ში. ამავე ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა ავტორების მიერ კვლევების ჩატარების პირობები.

ცხრილი 3. კვლევების მონაცემები ბეტონის ცოცვალობის დეფორმაციის განზოგადებისათვის

	ექსპერიმენტული მონაცემების ავტორები	სერიაში პარალელური ცდები	ბეტონის ნარევის შემადგენლობა			R კგ/სმ <sup>2</sup>	ნიმუშების კვეთის ფართი სმ <sup>2</sup>	ტენიანობა, %	გამოცდის სანგრძლივობა, დღე-ღამე	ცოცვალობის ზომის გაზომვის მნიშვნელობები, ×10 <sup>6</sup>	ცოცვალობის ზომის ექსტრაპოლირებული მნიშვნელობა, ×10 <sup>6</sup>
			l:m	წყალცემენტის შეცვლა	B ლ/სმ <sup>3</sup>						
1	შაიდლერი	2	6,03	0,53	191	625	Φ15	50	365	5	5,5
2		2	3,05	0,35	210	874	Φ15	50	365	4,2	4,6
3	როსსი	3	4,4	0,38	152	675	Φ12	91	170	1,7	1,9
4	როლლი	2	2,5	0,44	259	505	Φ10	60	168	7,1	9,5
5		2	1	0,31	306	715	Φ7,6	60	168	5,9	7,8
6		2	1	0,31	306	684	Φ10	60	168	6	8,2
7	გუმელი	2	5,4	0,38	136	579	Φ20	65	1100	5	5
8		2	5,4	0,55	186	504	Φ20	65	1100	8,2	8
9	ვაილი	2	5,03	0,52	186	564	Φ10	65	767	5,9	5,9
10	სიტნიკი	3	4,7	0,4	160	661	Φ10	70	336	2,5	2,8
11		3	3,6	0,31	155	812	Φ10	70	319	2,5	2,8
12		3	3,44	0,27	148	1012	Φ10	70	329	1,9	2,1
13		3	3,44	0,27	142	985	Φ10	70	330	1,9	2,1
14	ჰანსონი	3	5,13	0,42	214	512	Φ15	50	1000	10,3	10,1
15	ივანოვი	3	4,24	0,42	267	560	Φ10	55	374	11,8	12,1
16		3	6,5	0,42	135	711	Φ10	55	400	2,9	3,3
17		3	3,86	0,42	192	624	Φ10	55	412	4,5	5,7
18		3	1,52	0,27	231	867	Φ10	55	394	3,2	4
19		3	3,4	0,27	145	972	Φ10	55	412	3,1	3,6
20		3	0,75	0,27	305	1065	Φ10	55	418	4,8	5,9
21		3	0	0,27	451	1186	Φ10	55	393	6,2	7,5
22	ბერგი	2	5,25	0,4	150	550	Φ15	55	160	3,4	4,3
23		1	5,25	0,4	150	550	Φ15	55	160	3,6	4,5
24		1	5,25	0,4	150	596	Φ15	55	160	3,1	4,1
25		1	5,25	0,4	150	596	Φ15	55	160	3,5	4,2
26		1	4	0,3	142	884	Φ15	55	250	2,3	2,7
27		1	4	0,3	142	846	Φ15	55	250	2,6	2,9
28		1	4	0,5	142	882	Φ15	55	250	2,2	2,4
29	შერბაკოვი	4	1,61	0,24	204	800	Φ15	72	197	2,6	3,2
30		1	5,34	0,43	156	575	Φ15	72	158	3,6	4,0

გამოკვლევებში ცოცვალობის დეფორმაციის განსაზღვრისას საცდელი ნიმუშები იმყოფებოდა დატვირთვის ქვეშ სხვადასხვა დროის განმავლობაში,

რომელიც მოქმედებს ექსპერიმენტის შედეგზე. ამ გავლენის მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით, ბერგი [1] ახდენდა გაზომვით მიღებული ცოცვადობის დეფორმაციის ექსტრაპოლაციას და განიხილავდა დეფორმაციის ზღვრულ მნიშვნელობას. აღნიშნული სახით ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შემდეგ მოცემულია ცხრ. 3-ის ბოლო სვეტში. ამ უკანასკნელი მონაცემების შედარება გაზომვის შედეგების მონაცემებთან აჩვენებს, რომ ცალკეული პარალელური ექსპერიმენტების მიხედვით განსხვავებული მონაცემები შედარებით გათანაბრებულია, რაც ზრდის ექსპერიმენტის მონაცემების სანდოობას და ადვილი ხდება სხვა საკვლევი ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციაზე შედარება.

ამრიგად, მოდიფიცირებული ბეტონების ცოცვადობის დეფორმაციისადმი მიძღვნილი კვლევების განმაზოგადოებელი ცხრ. 3-ის მონაცემები შეიძლება გამოყენებული იქნას ახალი შემადგენლობის მოდიფიცირებული ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმად. ამისათვის საჭიროა ცხრილში შემავალი ერთ-ერთი ავტორის კვლევების პირობების გათვალისწინებით დამზადებული ახალი შემადგენლობის მოდიფიცირებული ბეტონის ნიმუშებისაგან განსაზღვრული იქნას ცოცვადობის დეფორმაციები და ამ მონაცემების ექსტრაპოლაციით მიღებული შედეგები შედარებული იქნას ცხრილის მონაცემებთან.

წინასწარ შეფასებაში იგულისხმება მხოლოდ საუკეთესო მაჩვენებლების მქონე ნიმუშების შემადგენელი ბეტონის გამოვლენა და მასზე კვლევის გაგრძელება, ძირითადი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების მქონე საუკეთესო შემადგენლობის მოდიფიცირებული ბეტონის საბოლოოდ გამოვლენის მიზნით.

ჩვენს შემთხვევაში ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ღუმელის გადამუშავებული წილის ნარჩენებზე მოდიფიცირებული ბეტონი, ცოცვადობის დეფორმაციის მიხედვით, აღმოჩნდა დამაკმაყოფილებელი როლის კვლევებთან შედარებისას, ბეტონის იმ საცდელი ნიმუშების მიხედვით, რომლებშიც მოდიფიკატორის შემცველობა შეადგენდა  $\approx 10$  %-ს.

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ:

1. ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციასა და ბეტონის მარკას შორის დამოკიდებულების განმაზოგადოებელი ექსპონენტა, მიღებული მრავალი ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოყენებული იქნას ტრადიციული ბეტონების მახასიათებლების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმად.

2. მოდიფიცირებული ბეტონების ცოცვადობის დეფორმაციისადმი მიძღვნილი კვლევების განმაზოგადოებელი ცხრილი შეიძლება გამოყენებული იქნას ახალი შემადგენლობის მოდიფიცირებული ბეტონების წინასწარი შეფასების კრიტერიუმად.

#### ლიტერატურა

1. Берг О. Я., Щербakov Е. Н., Прокопович И. Е., Застава М. М. К особенностям единой методики нормирования деформации ползучести и усадки бетона. //Изв. Вузов. сер.: Строительство и архитектура. 1977 г. №3. сс. 3-6.
2. Ситник В. И. Исследование прочности деформативности и релаксации напряжение в высокопрочных бетонах. //Бетон и железобетон, №7, 1962, сс. 297-302.
3. ვ. კანკავა, ა. ნადირაძე, გ. როსნაძე. მაღალი სიმტკიცის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი ორგანულ-მინერალურ მოდიფიკატორზე და მისი ტექნოლოგიური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა. //ენერჯია, №3, თბილისი, 2009, გვ. 142-145.

#### SUMMARY

#### CRITERION FOR PRELIMINARY ESTIMATION OF THE HARDNESS OF TRADITIONAL AND HIGH-STRENGTH CONCRETES

Rosnadze G.V., Kankava A.V., Shalamberidze M.Sh. and Bandzeladze B.R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Revealed criterion for preliminary estimation of concrete presents on exponential dependence between the value of concrete creep strain and the mark. After construction of the exponent by experimental data of linear section of asymptote with absciss axis, the comparison of the concrete under study with existing already researched concrete. Criterion of preliminary estimation of non-traditional concrete is presented in the form of the Table prepared by generalization of number of researches of concrete creep strain.

**Keywords:** concrete, preliminary estimation, creep strain.

დეფორმირებად მშენობა-ნაგებობათა ფუძე-საძირკვლების გამოკვლევისთვის  
ჩასატარებელი სამუშაოები

ბახტაძე ნ.გ., შენგელია მ.რ., ტყაბლაძე ვ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

მშენებლობის საკითხი მჭიდროდაა დაკავშირებული მშენობა-ნაგებობათა საინჟინრო-გეოლოგიური პირობებისა და გრუნტოვან გარემოსთან, ამდენად საინჟინრო-ტექნიკური კვლევის საკითხები მეტად საპასუხიმგებლოა და გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების არასრულყოფილმა შეფასებამ შეიძლება გამოიწვიოს მეტად მძიმე შედეგები.

2. ძირითადი ნაწილი

ფუძე-საძირკვლების გაძლიერება-რეკონსტრუქციამდე საჭიროა შემოწმდეს ფუძე-საძირკვლების ტექნიკური მდგომარეობა, რისთვისაც იწერება დასკვნა და მუშავდება რეკომენდაციები.

განიხილება ფუძე-საძირკვლების გაძლიერების სხვადასხვა მეთოდები საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების დასადგენად. ფუძის მოსალოდნელი ცვლილებები შესაძლებელია გამოიწვიოს ნაგებობის საექსპლუატაციო პირობებში, დატვირთვების ხანგრძლივმა ზემოქმედებამ გრუნტზე და სხვა ფაქტორმა.

შემდგომში რეკომენდაცია ეძლევა შედარებით ეკონომიურ და ტექნიკურად მიზანშეწონილ მეთოდს.

ფუძე-საძირკვლების შემოწმების სამუშაოთა კომპლექსი იყოფა ეტაპებად.

პირველი ეტაპი – ითვალისწინებს მშენობა-ნაგებობათა მშენებლობის პროცესის მონაცემების შეგროვება-გაანალიზებას და ტექნიკური დოკუმენტაციის დეტალურ შესწავლას.

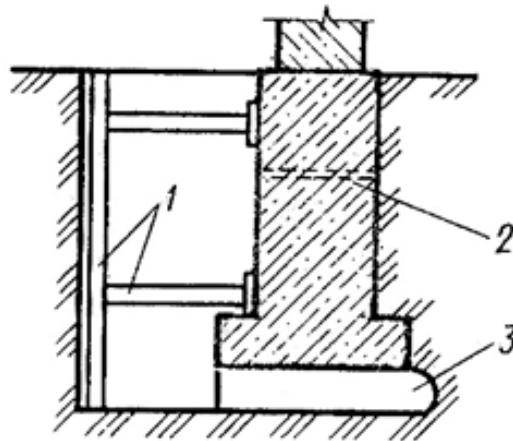
მეორე ეტაპი – ადგილმდებარეობის და მიწისზედა კონსტრუქციების, მშენობა-ნაგებობათა გამოკვლევას, რომელიც საშუალებას გაძლევს გამოვალინოთ დეფორმაციის მიზეზი.

მესამე ეტაპი – მშენობა-ნაგებობათა ფუძე-საძირკვლების კვლევა (გამოკვლევა).

საძირკვლების გამოკვლევა წარმართება შურფების მეშვეობით, მათი რიცხვი და ზომები განისაზღვრება ობიექტის კონფიგურაციის, გრუნტების პირობებისა და კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე. როგორც წესი, შურფები კეთდება მშენობა-ნაგებობათა ავარიულ ზონაში, თუ მშენობა-ნაგებობათა დეფორმაციები განპირობებულია ფუძე-საძირკვლების მიზეზით, მიზანშეწონილია ფუძე-საძირკვლების კვლევა ასევე წარმართოს არადეფორმირებულ ზონაშიც იმისთვის, რომ მოხდეს შედეგების შედარება [1-3].

მშენობა-ნაგებობათა რეკონსტრუქცია-გაძლიერებისას მოწმდება ყველა მახასიათებელი კედლის და სვეტის საძირკვლები, ხოლო ნაწილობრივ დაშენების შემთხვევაში გამოკვლევა მიმდინარეობს დასაშენებელი უბნის კვლევისთვის, დამატებითი წერტილები ინიშნება მშენობის სიმაღლის საგრძნობი ცვალებადობისა და საძირკვლების ჩაყრის (ჩაღრმავების) ცვალებადობით ადგილმდებარეობიდან გამომდინარე და ა.შ.

შურფები გაიყვანება საკვლევი საძირკვლების გვერდით და თუ მშენობა სარდაფიანია, მაშინ შურფები გაიყვანება, როგორც წესი, მშენობის შიგნით მიწის სამუშაოების შემცირების მიზნით (ნახაზი).



**შურფი საძირკვლის გამოკვლევისათვის:**

1. შურფის სამაგრი; 2. შლამბურთი გახვრეტილი ნახვრეტი; 3. საძირკვლის სიგანის დასადგენად შუპებით შეჭრა.

შურფები ითხრება არანაკლებ 0,5 მეტრით დაბლა ქვაბულის ფსკერიდან. გარდა შურფებისა, გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისთვის ინიშნება გამოსაკვლევი ბურღილები, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია შენობის დანიშნულებაზე. ГОСТ 25.100-82 აღწერილი მეთოდიკით ისაზღვრება გრუნტის დეფორმაციის მოდული E, გრუნტის სიმტკიცე Rc, სიმკვრივე და ტენიანობა. ღია შურფებში საძირკვლის კვლევისას ზუსტდება საძირკვლის ტიპი, ფორმა, ზომები გეგმაში და საძირკვლის სიღრმე. ამავდროულად გამოავლენენ ადრე ჩატარებულ გამაგრებით სამუშაოთა შედეგს და გაძლიერების მეთოდს. წყობის დეფექტებით და ბზარებით ისაზღვრება საძირკვლის ტანის სიმკიცე, ჰიდროიზოლაციის არსებობა და ხარისხი. ნატური გაზომვების შედეგების საფუძველზე საზღვრავენ საძირკვლის ძირის სიგანეს და მისი ჩაყრის სიღრმეს. საძირკვლის ძირის სიგანე შედარებით დიდი დატვირთვების უბნებზე წარიმართება ორმხრივი შურფებით, ისაზღვრება საძირკვლის და კედლების სიგანე, რაც დგინდება გაბურღვით და ლითონის შუპებით გრუნტის გამოთხრით.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების შემთხვევაში იზომება ხიმინჯის დიამეტრი ან ხიმინჯის განივი კვეთა. ბიჯი 1-გრძივ მეტრ სიგრძეზე ხიმინჯების რაოდენობა.

საძირკვლის მასალის სიმტკიცე ისაზღვრება მექანიკური და არაღამრღვევი მეთოდით.

მექანიკური მეთოდით ისაზღვრება საძირკვლის მასალის და სარდაფის კედლის სიმტკიცის მახასიათებლები.

ფუძე-გრუნტის შემოწმება ხდება იმავე შურფებში, რომლებიც ემსახურებოდნენ საძირკვლების გამოკვლევას. შურფების რაოდენობის დანიშვნა დამოკიდებულია შენობა-ნაგებობათა მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებზე. კერძოდ, შენობის რეკონსტრუქცია ან კაპიტალური რემონტი დატვირთვის გაზრდის შემთხვევაში, შურფების რაოდენობა განისაზღვრება 2÷3-მდე შენობის შიგნით, სარდაფში წყლის შეღწევადობა ან სარდაფში და პირველ სართულზე კედლებზე ტენისაგან დაცვისთვის საჭიროა თითოეულ ყოველ გაწყლოვანებულ ან სველ კედლებთან, ხოლო სარდაფის ჩაღრმავებისას კი თითოეულ ყოველ კედელთან.

ამასთანავე შურფები ითხრებიან შენობის შედარებით დატვირთულ ადგილებში და შენობის ყოველ სექციაში, ასევე დეფორმირებულ კედლებთან და სარდაფში. ცალკეულ შემთხვევაში ინიშნება დამატებითი შურფები, რათა განისაზღვროს სუსტი გრუნტების გავრცელების საზღვარი ფუძის ან საძირკვლისა, რომლებიც იმყოფებიან არაღამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაში.

შურფებში ფუძის დეტალური გამოკვლევისას გრუნტის ფენები უნდა აღიწეროს GOCT 25.100-82 მოთხოვნათა შესაბამისად, სადაც ძირითადი ყურადღება ექცევა უშუალოდ საძირკვლის ქვეშ განლაგებულ ფენას (შრეს). ლაბორატორიასა და საველელე პირობებში GOCT-ის მოთხოვნათა შესაბამისობით ისაზღვრება გრუნტის ყველა ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები.

**ლიტერატურა**

1. დ. კერესელიძე. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები. - თბილისი, განათლება, 1977, 442 გვ.
2. გ. ჭოხონელიძე და სხვები. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები. -თბილისი, სტუ, 2005, 88 გვ.
3. Е. А. Сорочана. Ю. Г. Трофаменкова. Основания, фундаменты и подземные сооружения. -Москва, стройиздат, 1985, 480 с.

**SUMMARY**

**WORKS FOR RESEARCH OF FOUND ACTIONS OD DEFORMED BUILDING STRUCTURES**

**Bakhtadze N.V., Shengelia M.R. and Tkabladze V.S.**

**Georgian Technical University**

The issue of construction is closely related to the engineering-geological conditions of the buildings and the ground environment, thus, the issues of engineering-technical research are very responsible and an incomplete assessment of the ground strength characteristics can lead to very serious consequences.

**Keywords:** building structure, ground, reinforcement.

აღბილობრივ საშენ მასალებზე დამზადებული დანამატიანი გეგონების  
თვისებების კვლევა და დანერგვა სამშენებლო წარმოებასა და საავტომობილო  
ბზების ინფრასტრუქტურაში

გიორგიშვილი თ.გ., ბოჭორიშვილი ნ.თ., სალუქვაძე ი.კ., შენგელია მ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ეკონომიკური განვითარება მეტწილად დამოკიდებულია მისი, როგორც სატრანსპორტო ქვეყნის, პოტენციალის ეფექტურ გამოყენებაზე. საქართველოს, როგორც ევროპა-აზიის დამაკავშირებელი სატრანსპორტო დერეფნის ნაწილის ფუნქცია მნიშვნელოვნად გაიზარდა, ეს აძლიერებს დასავლეთისა და აღმოსავლეთის სახელმწიფოების ინტერესს საქართველოს, როგორც სატრანსპორტო დერეფნის მდებარე ქვეყნის – სტაბილური განვითარების მიმართ, რაც პირველ რიგში, გულისხმობს საქართველოში ხარისხიანი სატრანსპორტო საგზაო ინფრასტრუქტურის, შექმნას და განვითარებას. თანამედროვე საავტომობილო გზების მშენებლობის ინდუსტრიაში აქტუალურია ხანმედვეი და ეკონომიკურად გამართლებული როგორც ჩვეულებრივი, ასევე დატკეპნილი ბეტონების გამოყენება.

საგზაო ინფრასტრუქტურაში, გარდა უშუალოდ გზებისა, შედის სხვადასხვა ტიპის ნაგებობა და კონსტრუქცია, რომლებსაც ეს გზები ემსახურებიან. გარდა ამისა, ინფრასტრუქტურის განუყოფელ ნაწილად მიგვაჩნია კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები, რომლებიც გზებისგან უშუალო სიახლოვეში იმყოფებიან. ფაქტურად ასეთია თითქმის ყველა ჩვენი საერო თუ საეკლესიო ნაგებობა. კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები, როგორც წესი, შესრულებულია ადგილობრივი სამშენებლო მასალების გამოყენებით და იმდროინდელი სამშენებლო, მათ შორის, ანტიისესმური ტექნოლოგიების გამოყენებით. დროთა განმავლობაში, ანტიისესმური ღონისძიებები დაიხვეწა და დღეს აუცილებელი გახდა მათი დანერგვა ისტორიულ ძეგლებზეც.

ბეტონისა და რკინა-ბეტონის კონსტრუქციები სამშენებლო ინდუსტრიაში მუდამ იმყოფებიან დატვირთვის ქვეშ და დროში განიცდიან ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ცვლილებას, კერძოდ ცოცვალობის დეფორმაციას. ბეტონში არსებული წყალი, როგორც თავისუფალი, ისე აღსორბირებული არის ძირითადი მიზეზი მისი ცოცვალობის. ბეტონში ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს აგრეთვე განსაზღვრავს წყლის რაოდენობა. ბეტონის ნარევის ძვრადობის ანუ ადვილჩაწყობადობის მისაღწევად ზრდიან წყლის ხარჯს. ზედმეტი თავისუფალი წყალი განაპირობებს ბეტონში ფორებისა და ბზარების წარმოქმნას, სიმტკიცის შემცირებას, ცოცვალობის დეფორმაციის გაზრდას და სხვ. ბეტონის ნარევი დანამატების – პლასტიფიკატორების და მინერალური დანამატების შეყვანა მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის ხარჯს, ზრდის ბეტონის ნარევის ძვრადობას, ავსებს ბზარებსა და ფორებს და ამით მაქსიმალურად ერთგვაროვანს ხდის ბეტონს, რის შედეგადაც მნიშვნელოვნად იზრდება მისი სიმტკიცე. დანამატიანი ბეტონის ადგილობრივ შემესებზე საქართველოში არსებული დანამატების გამოყენებით მისი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები ნაკლებადაა შესწავლილი, ამიტომ კვლევა ამ მიმართულებით აქტუალურია. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული ჩვეულებრივი ბეტონისთვის ყველა ამ მახასიათებლების სიდიდე დამოკიდებული იყო წყლის რაოდენობაზე, ხოლო დანამატიანი ბეტონისთვის ეს მახასიათებლები არ იმუშავებენ იმ კანონზომიერებით, როგორც ეს გვექონდა ჩვეულებრივ ბეტონში.

დანამატიანი ბეტონების დროში მუშაობის მახასიათებლების დადგენა და არსებული ცოცვალობის აღმწერი რეოლოგიური ფორმულებში კოეფიციენტის დაზუსტება, მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, რაც აუცილებელია დანამატიანი ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების მდგრადობაზე ანგარიშის დროს.

ნებისმიერი ნაგებობის თუ კონსტრუქციის, მათ შორის, საავტომობილო გზების და მათ ინფრასტრუქტურაში შემავალი ნაგებობების სიმტკიცე და მდგრადობა პირდაპირ არის დაკავშირებული მათი ფუნქციონირების ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე, უპირველეს ყოვლისა, დეფორმაციის მოდულზე.

კვლევის ინტერესთა სფეროები განეკუთვნებიან სამშენებლო მეცნიერების სხვადასხვა სეგმენტს, მათი კვლევის პრინციპების (თეორია პლუს ექსპერიმენტი) და

გამოყენებული თეორიული მეთოდების იდენტურობა მიანიშნებს დასმული საკითხის აშკარად გამოკვეთილ ინტერდისციპლინარულ ხასიათს.

კვლევის განხორციელების შედეგად მიიღება მდგრადი მაღალი სიმტკიცის მქონე ბეტონი სამშენებლო ინდუსტრიისა და სავტომობილო გზებისთვის ქიმიური დანამატების გამოყენებით, სამშენებლო მასალების, ბეტონის, გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების, კულტურულ მემკვიდრეობათა ძეგლების კონსტრუქციების მდგრადობის შესწავლით და მიღებული შედეგების პრაქტიკაში განხორციელება, რომელიც მოვცემს მათი ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესებას და ეკონომიურ ეფექტს.

მიღებული შედეგები უდავოდ იქნება სამშენებლო მასალებისა და კონსტრუქციების კვლევის სფეროებში არა მარტო წინგადადგმული ნაბიჯი, არამედ საერთაშორისო სამშენებლო ბაზარზე კონკურენტუნარიანი და კომერციული დატვირთვის მქონე გარდა სამეცნიერო და კომერციული ღირებულებისა, პროექტის შედეგებს ექნება მაღალი აკადემიური ღირებულებაც.

ლაბორატორიაში მიღებული შედეგები წარმატებით იქნა დანერგილი საქართველოში, დატკეპნილი ბეტონებით მოწყობილი ნორიოს ნაგავსაყრელთან მისასვლელი გზის მონაკვეთზე და ქ. ბათუმში მესხეთის ქუჩაზე გზის საფარის მოწყობის პროცესში.

აღნიშნული ობიექტებიდან აღებული ნიმუშების გამოცდის შედეგები კარგ შესაბამისობაშია ლაბორატორიული კვლევების შედეგებთან.

#### ლიტერატურა

1. ა. ჩიქოვანი. ბეტონის ტექნოლოგია. –თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015, 358 გვ.
2. ლ. კლიშიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი. ბეტონები, ტექნიკური მოთხოვნები, გამოცდის მეთოდები ევროპულ სამშენებლო ნორმებთან შესაბამისობით. –თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, 104 გვ.
3. მ. ტურძელაძე, ლ. ზუკატიშვილი. სტრუქტურული ფაქტორების გავლენა ბეტონის დეფორმაციებსა და რღვევაზე. –თბილისი, მომავლიდან, 2008, 105 გვ.
4. ა. ქიშინიანი, რ. შამსევი, ს. კალშინა. დანამატების გავლენა ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. - პერმი, რუსეთი. 2012.
5. ACI 309.5R-00 Compaction of Roller-Compacted Concrete. Reported by ACI Committee 309, Chairman R.E.Viller, 2000.
6. Abdo F.Y., Roller-Compacted Concrete Dams: Design and Construction Trends. Hydro Review, November 2008.
7. EN 1338:2003 - ბეტონის ბლოკები ქვაფენილებისათვის, მოთხოვნები და გამოცდის მეთოდები. დანართი H, ცვეთამდეგობის განსაზღვრა ბიომეს აპარატის ტესტით.
8. M. Lordkipanidze, O. Giorgishvili, I. Salukvadze, N.Botchorishvili, A. Tatanashvili „Study of the Strength and Deformability of Compressed Concrete according to Creep Adsorption Theory“, Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 12, no.2, 2018.

#### SUMMARY

#### RESEARCH OF THE PROPERTIES OF ADDED-ON CONCRETES, MANUFACTURED ON LOCAL BUILDING MATERIALS AND THEIR ADOPTION IN BUILDING AND IN INFRASTRUCTURE OF AUTOMOBILE ROADS

Giorgishvili O.G., Bochorishvili N.T., Salukvadze I.K. and Shengelia M.R.

Georgian Technical University

In the 21st century, concrete continues to retain its top ranking as a most popular and preferential building material too, what certainly predetermines an urgent need in developing innovative concrete technologies to be reasonable both economically and environmentally. The Georgian construction market is seeking for next generation concretes to be made through introduction of the recognized nanotechnologies to be adequately modified and adjusted to the actual local conditions what will enable the country to create multipurpose nanomodified highly technological construction materials of her own. Proceeded from the above, profound and comprehensive study of the physical and mechanical properties of building materials should be deemed a prior task of crucial importance. In order to improve resistibility and performance properties of the concretes, currently used in Georgia, it is necessary to undertake a thorough investigation and profound study of the intrinsic properties of admixture-containing concretes what will consequently enable the researchers to obtain modified concrete types to be then widely used in the country's construction domain, in particular, in road building, and surely result in a considerable improvement of safety and efficiency of road traffic. The innovative nature of the design proposal should be seen in creation of new types of admixture-containing concrete made with use of local building materials and introduction of the new concretes in construction of road infrastructural facilities.

**Keywords:** building, concrete, ground, automobile roads, seismic-resistant systems.

## საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

ბალახაშვილი ლ.პ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გასული საუკუნის შუა წლებამდე საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების გავლენა გარემოზე პრაქტიკულად მხედველობაში არ მიიღებოდა ქსელების განლაგების მცირე სიმჭიდროვის და მათი კონსტრუქციის მცირე სახესხვაობის გამო. გადასაცემი ძაბვის ზრდასთან ერთად ძლიერდება საჰაერო ხაზების გავლენა ბიო-და სოციალურ სფეროებზე, რამაც გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან შესაბამისი ორგანოები აიძულა სერიოზულად დაკავებულიყვნენ ამ ზემოქმედებისა და გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების გზების ძიების შესწავლით [1]. მაღალი ძაბვის ხაზების გავლის ადგილებში, როგორც ხაზის ქვეშ, ასევე ხაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე, სატრანსფორმატორო ქვესადგურებთან და ძაბვის ქვეშ მყოფ ღია გამანაწილებელ მოწყობილობებთან იქმნება ელექტრომაგნიტური ველი, რომელიც შედგება ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობებისაგან. ელექტრული ველის დაძაბულობა დამოკიდებულია ქსელის ძაბვაზე, ხოლო მაგნიტური ველის დაძაბულობა ქსელის მუშაობის რეჟიმზე ანუ ქსელში გამავალი დენის სიდიდეზე.

საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის მიზნით ადგენს სანიტარულ-დამცავ ზონებს, ანუ მანძილს ხაზის გასწვრივ, რომლის საზღვრებს გარეთ ელექტრული ველის დაძაბულობა არ აღემატება 1 კვ/მ-ზე. ამ დოკუმენტის მიხედვით სანიტარული დამცავი ზონები დადგენილია 330 კვ – 20 მ; 500 კვ – 30 მ, ხოლო 330 კვ ძაბვის ქვევით სანიტარული დამცავი ზონები დადგენილი არ არის. დამცავი ზონებისათვის არსებობს სახელმწიფოთაშორისი სტანდარტი გოსტ 12.1.051-90. [4], რომელიც განსაზღვრავს 1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის დაცვის ზონას უსაფრთხოების წესების მიხედვით.

რა თქმა უნდა არსებობს განსაზღვრული სანიტარული ნორმები, რომელიც არეგულირებს დასახლებული პუნქტების სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დასაშვები დაძაბულობების დონეების სიდიდეებს, მაგრამ არსებული სანიტარული ნორმების დაცვის დროსაც კი, როგორც თანამედროვე გამოკვლევები აჩვენებს მაღალი ძაბვის ხაზების ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ზიანს აყენებს ადამიანის ჯანმრთელობას [2]. კერძოდ, ადამიანის ორგანიზმზე გავლენას ახდენს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ზონაში ადამიანის ხანგრძლივად ყოფნა, ხოლო რამდენიმე წუთის განმავლობაში ხანმოკლე დასხივებამ შეიძლება გავლენა იქონიოს ჰიპერმგრძობიარე ადამიანებზე ან ზოგიერთი სახის ალერგიით დაავადებულებზე. ამიტომ ეს თემა დღესაც აქტუალურია.

ელექტრული ველის ბიოლოგიური ზემოქმედების გამოკვლევები აჩვენებს, რომ 1 კვ/მ დაძაბულობის დროს იგი არასასურველ გავლენას ახდენს ადამიანის ნერვულ სისტემაზე, რაც თავის მხრივ იწვევს ადამიანის ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას. აგრეთვე არღვევს ფიზიოლოგიურ ფუნქციებს: გულის შეკუმშვის რიტმს, სისხლის წნევის დონეს, ტვინის აქტიურობას, ნივთიერებათა ცვლის პროცესსა და უმუნურ აქტივობას [2].

ცხრ. 1-ში წარმოდგენილია ჩვენს მიერ სარკული ასახვის მეთოდით გაანგარიშებული 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე, როცა ხაზის მინიმალური დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან შეადგენს 15,5 მ-ს. 15,5 მ დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან აღებულია გამომდინარე იქედან, რომ ელექტროდინამიკის მოწყობის წესების ცხრილი 2.5.22-ის თანახმად დასახლებულ პუნქტებში 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მინიმალური დაშორება შეადგენს 15,5 მ-ს.

ნორმატიული დოკუმენტის [4] მიხედვით 500 კვ საჰაერო ხაზის დაცვის ზონა არის 30 მ, მაგრამ როგორც ცხრ. 1-დან ჩანს დაცვის ზონაში ელექტრული ველის დაძაბულობა აღემატება საცხოვრებელი ზონის ტერიტორიაზე სანიტარული ნორ-



მებითა და წესებით [5] დადგენილ ელექტრული ველის დაძაბულობის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას – 1კვ/მ-ს. ამიტომ 500 კვ ელექტროგადაცემის ხაზისათვის, როცა ხაზი დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებულია 15,5 მ-ით, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხოდ მიღებული უნდა იყოს დაშორება კიდურა ხაზის გვერდითიდან 100 მ.

**ცხრილი 1. ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) კიდურა ხაზის გვერდითიდან დაშორებაზე**

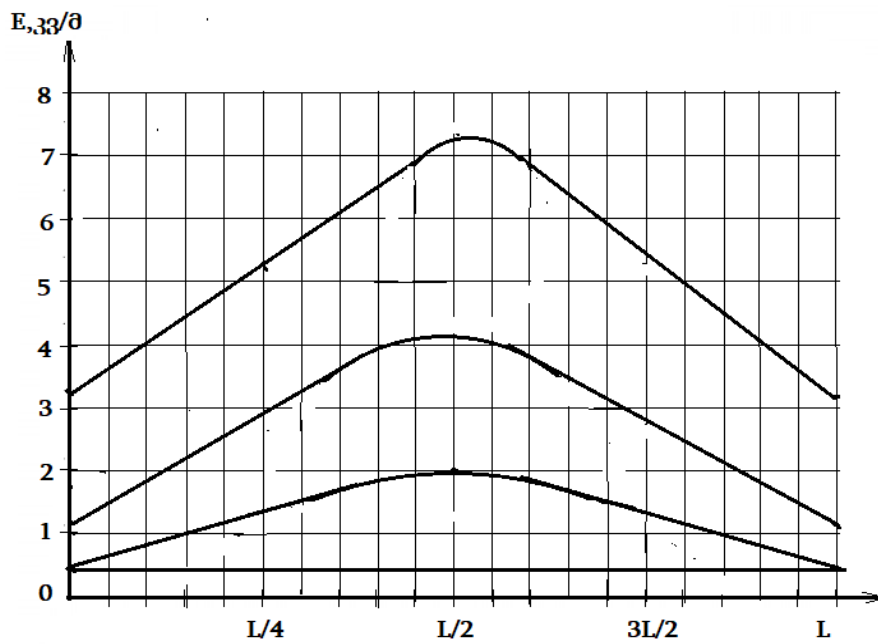
დაშორება სეგხ-ს კიდურა ხაზის გვერდითიდან , მ	სეგხ 110 კვ		სეგხ 220 კვ		სეგხ 500 კვ	
	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ
0	1,97	1,15	4,32	2,54	7,48	4,40
2,0	1,55	0,91	4,05	2,38	6,99	4,11
4,0	1,22	0,71	3,82	2,24	6,73	3,95
6,0	1,02	0,60	3,51	2,06	6,31	3,71
8,0	0,91	0,53	3,25	1,91	6,05	3,55
10,0	0,82	0,48	3,02	1,77	5,69	3,34
12,0	0,67	0,39	2,58	1,51	5,13	3,01
14,0	0,51	0,30	2,17	1,27	4,78	2,81
16,0	0,35	0,21	2,03	1,18	4,15	2,41
18,0	0,21	0,13	1,51	0,88	3,75	2,20
20,0	0,12	–	0,93	0,54	3,05	1,79
22,0	0,07	–	0,76	0,44	2,67	1,41
24,0	0,05	–	0,54	0,33	2,25	1,13
26,0	0,04	–	0,49	0,21	1,98	1,08
28,0	0,03	–	0,38	0,11	1,54	0,90
30,0	0,01	–	0,25	–	1,37	0,78
32,0	–	–	0,11	–	1,02	0,61
34,0	–	–	0,08	–	0,76	0,43
36,0	–	–	0,05	–	0,59	0,34
38,0	–	–	0,03	–	0,45	0,21
40,0	–	–	–	–	0,31	0,12

მიღებული შედეგები სასარგებლო იქნება სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების შეფასებისათვის აღნიშნული ძაბვის საზოგადოებრივი ნაგებობების დაცვის ზონაში სასოფლო-სამეურნეო და სხვა მსგავსი სამუშაოების შესრულების დროს.

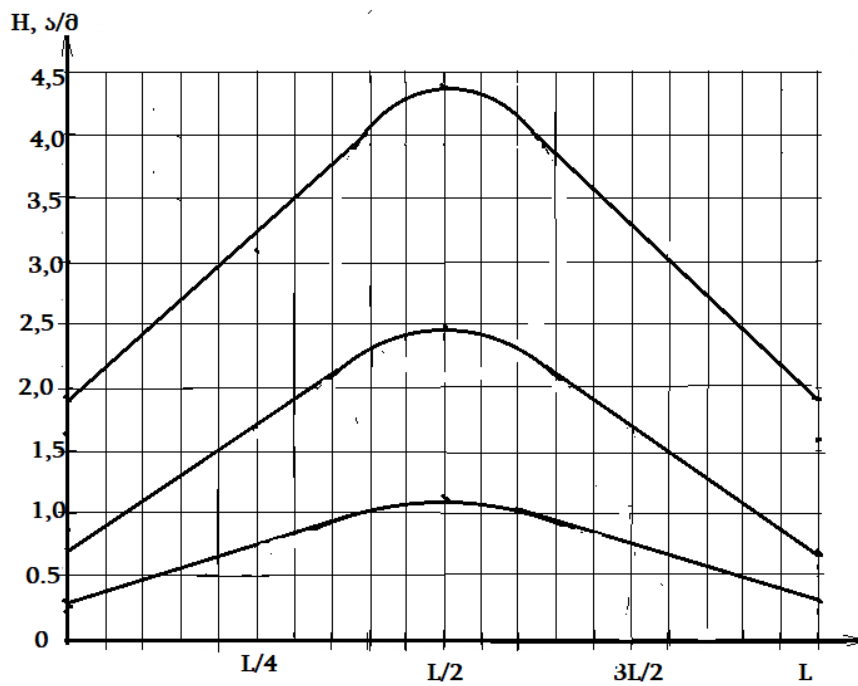
საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ ელექტრომაგნიტური დაბინძურების გამოკვლევისათვის ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების გაზომვითი სამუშაოები 110 კვ, 220 კვ და 500 კვ ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის. გაზომვები ჩატარებული იქნა დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე ელექტრული და მაგნიტური ველის სამკომპონენტო საზომი ხელსაწყო BE-метр-ის დახმარებით საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ. შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 2-ში და ნახ.1 და ნახ.2-ზე.

**ცხრილი 2. ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) გასწვრივ**

დაშორება ელექტროგადაცემის ხაზის ორ საყრდენს შორის, (მ)	სეგხ 110 კვ		სეგხ 220 კვ		სეგხ 500 კვ	
	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ
0	0,51	0,31	1,19	0,72	3,29	1,93
1/4	1,16	0,68	2,82	1,65	5,33	3,13
1/2	1,97	1,15	4,32	2,54	7,48	4,40
3/4	1,17	0,68	2,83	1,65	5,30	3,12
0,52	0,31	1,20	0,71	3,29	1,92	0,52



ნახ.1. ელექტრული ველის დაძაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ



ნახ. 2. მაგნიტური ველის დაძაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ

კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე ველის უდიდესი გავლენა ფიქსირდება მაღლის შუაში, სადაც მაღალი ძაბვის 110 კვ და ზევით ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობა ადამიანის სიმაღლეზე აღწევს 5–20 კვ/მ-ს და ზევით, ხოლო სადაც ხაზის ჩამოკიდების სიმაღლე უდიდესია მქლავნდება საყრდენების მაკრანირებელი თვისებები და დაძაბულობა უმცირესია.

#### ლიტერატურა

1. Чехов В.И. Экологические аспекты передачи электроэнергии. -М.: Изд-во МЭИ, 1991, 44 с.
2. Мифтиев Д.З. Влияние электромагнитного излучения от воздушных линии электропередач на жизнь и здоровье людей. <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Miftiev-Damir-Zinnurovich.pdf> (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 11.11.2020 წ.).
3. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб.пособие для студ. Высших Учеб. Заведений. -М.: Изд. центр Академия , 2013, 512 с.
4. ГОСТ 12.1.051-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В,
5. СанПиН 2.1.8.12-17-2005. Санитарные правила и нормы "Защита населения от воздействия электромагнитного поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты"

#### SUMMARY

#### THE EFFECT OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE OVERHEAD POWER LINE ON THE ENVIRONMENT

Balakashvili L.P.

Georgian Technical University

The work presents a method calculated by mirroring the dependence of the voltage of the electric field of the transmission line 500 kV from the distance from the end of the wire plan. The results of measurements of voltage levels of electric and magnetic fields, conducted on voltage lines of 110, 220 and 500 kV, and their impact on human health are shown.

**Keywords:** overhead power line, voltage.

აღმასის ნანოკრისტალების ტრიბონომეხირებისათვის საჭირო  
ნახშირბადოვანი მასალებისა და მოხახუნე სხეულების მასალების კვლევა

აბრამიშვილი გ.ს., გელაშვილი ო.გ., იოსებიძე ჯ.ს., ერისთავი ბ.გ.,  
დიასამიძე ნ.ნ., ხვედელიძე მ.ტ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი**

ტრიბოლოგიაში ცნობილია ხახუნის დროს ზედაპირული მეორადი სტრუქტურის წარმოქმნის ეფექტები, რომლებიც წარმოადგენს ლითონებისა და ქიმიურად აქტიური ელემენტების (S, P, O და ა.შ.) ნაერთებს, ტრიბოპოლიმერებს, ვაკუუმში რადიაციულად მოწესრიგებულ გრაფიტის ან მოლიბდენის დისულფიდის აფსკებს და სხვ. ისინი განაპირობებენ ცვეთისა და ხახუნის შემცირებას, დაფუძნებულს უფრო რბილი ან ადვილად გადაადგილებადი ფაზების წარმოქმნაზე ან ტრანსფორმირებაზე [1-3].

ჩვენს მიერ ტრიბოლოგიის სფეროში პირველად იყო დაფიქსირებული მოვლენა (ეფექტი), რაც მდგომარეობს მაღალდისპერსული ამორფული ნახშირბადის შემცველი სახეტი მასალების არეში მომუშავე დეტალების მოხახუნე ზედაპირებზე ჰეტეროგენული სტრუქტურული შრის წარმოქმნაში, რომელიც შეიცავდა ამორფული ნახშირბადის, გრაფიტის და ალმასის ნანოკრისტალების მოწესრიგებულ ფაზებს. შემდგომ კვლევებში ეს მოვლენა შესწავლილი იქნა ძირითადად ალმასის ნანოკრისტალების შემცველი ზედაპირული სტრუქტურის მრავალფუნქციური ტრიბოლოგიური (ცვეთა-საწინაღო და ანტიფრიქციული თვისებები და სხვ.) ეფექტიანობის დადგენის მიზნით. შედეგად, გამოვლენილი იქნა აღნიშნული ეფექტის მატარებელი შემხეთი მასალების მნიშვნელოვანი უპირატესობა სხვა ტიპის ცნობილი დანამატების (გრაფიტი, მოლიბდენის დისულფიდი, ქიმიურად აქტიური მისართები) შემცველი სასაქონლო სახეთ მასალებთან შედარებით [2-6].

მოცემული ნაშრომი ეძღვნება გამოკვლევული ნახშირბადოვანი მასალების ტრიბოსინთეზის გზით ალმასის ნანოკრისტალებად გარდაქმნის თეორიული საფუძვლების დამუშავებას, რაც ხელს შეუწყობს მრავალფუნქციური, მაღალეფექტიანი სახეტი მასალების მიღებისა და ალმასის სინთეზის ინოვაციური ტექნოლოგიების დამუშავებას.

**ძირითადი ნაწილი**

**1. ნახშირბადოვანი მასალების სტრუქტურის კვლევა**

კვლევებს დაეკვმდებარა სხვადასხვა ტექნოლოგიით დამზადებული რამდენიმე მაღალდისპერსული ნახშირბადი, რის შედეგადაც შესწავლილი იქნა მათი ქიმიური შედგენილობა, დისპერსულობისა და ამორფულობის ხარისხი და ატომური სიმკვრივის განაწილების რადიალური ფუნქცია.

გამოკვლევული იქნა მეთანის ჟანგვითი პიროლიზით (მჟპ) [7], ბენზოლის ელექტროკრეკინგით (ბეკ) [8], ბენზოლის პიროლიზით (ბპ), ეთილის სპირტის პიროლიზით და რკინით დოპირების (სპრკდ) გზით მიღებული ნახშირბადოვანი მასალები [9,10]. მათი შემოკლებული პირობითი დასახელებებია, შესაბამისად: ნ(მჟპ), ნ(ბეკ), ნ(ბპ) და ნ(სპრკდ), რომლებშიც „ნ“ ნიშნავს ნახშირბადს.

მაგალითისათვის, ბენზოლისა და სპირტის პიროლიზით ნახშირბადების ნანოფხენილების მიღება წარმოებს და მათი თერმული კარბონიზაცია ხდება უწყვეტი მოქმედების ჰორიზონტალურ რეაქტორში, 500-დან 1200°C-მდე ტემპერატურების დიაპაზონში [9,10].

საცდელი ნახშირბადოვანი მასალების სტრუქტურის, მორფოლოგიის და ატომური სიმკვრივის განაწილების რადიალური ფუნქციის გამოკვლევა ჩატარდა, შესაბამისად, ელექტრონულ მიკროსკოპზე YEMB-100K (რომელიც მუშაობდა ელექტრონოგრაფიის რეჟიმში), SEM – მასკანირებულ ელექტრონულ მიკროსკოპზე JSM 6510 LV

(JOEL, იაპონია), ხოლო ქიმიური შედგენილობის გაანალიზება კი ოქე-ელექტრონულ სპექტროსკოპზე LAS-2000 (Riber, საფრანგეთი). ნახშირბადების ნიმუშების გამოკვლევები განხორციელდა სტრუქტურული კვლევების რესპუბლიკურ ცენტრში (სტუ).

კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 1, 2 და ნახ. 1-8.

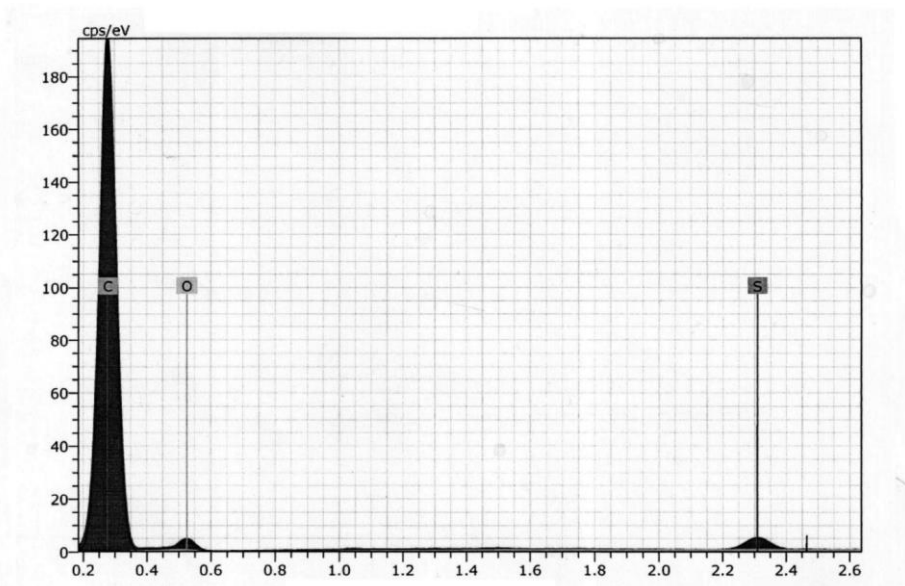
დადგენილია (ცხრ. 1, ნახ. 1, 2), რომ საცდელ ნახშირბადოვან მასალებში ნახშირბადის ელემენტური შემცველობა აღემატება 96%-ს. ისინი შეიცავენ ასევე წყალბადს, გოგირდს და ჟანგბადს უმნიშვნელო რაოდენობით. გამონაკლისია ნახშირბადი ნ(სპრკდ), რომელიც შეიცავს ნახშირბადს და რკინასაც (რომელმაც აღმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზის დროს, დიდი ალბათობით, შეიძლება შეასრულოს ე.წ. კატალიზატორის როლი).

ცხრილი 1. საცდელი ნახშირბადოვანი მასალების დახასიათება

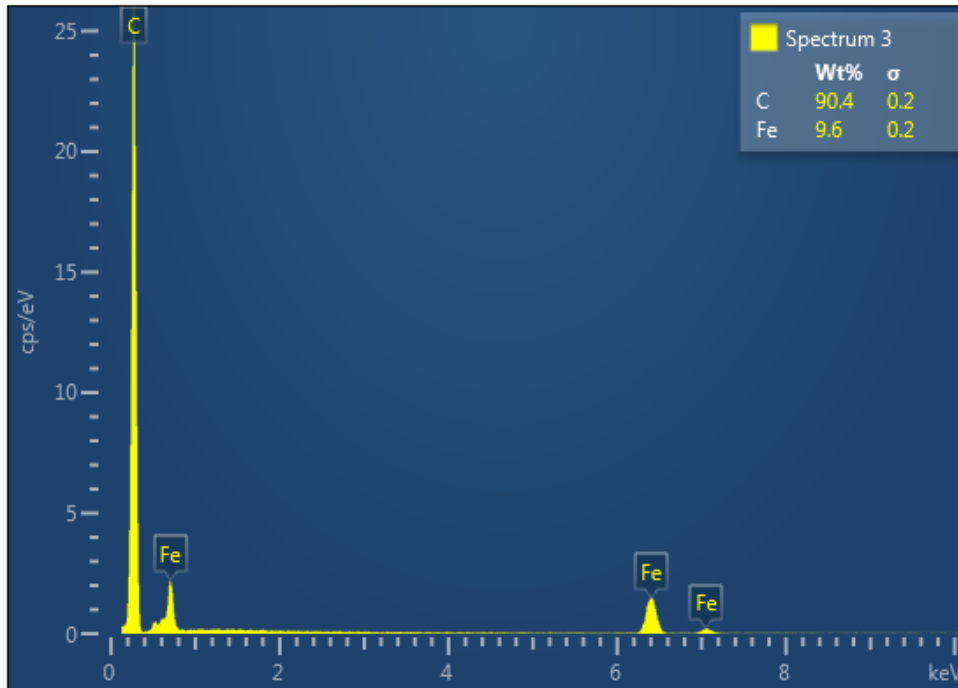
შედგენილობა, დისპერსულობის ხარისხი და სტრუქტურა	დასახელება			
	ნ(მჟკ)	ნ(ბეკ)	ნ(ბპ)	ნ(სპრკდ)
ელემენტური შედგენილობა, მას.-%: C	96,13	96,81	96,62	90,40
Fe	-	-	-	9,6
H	2,28	1,93	1,98	-
S	0,01	0,01	0,01	-
O	1,49	1,20	1,25	-
ნანონაწილაკების საშუალო ზომა, ნმ	20-50	20-50	20-50	20-50
სტრუქტურა	ამორფული	ამორფული	ამორფული	ამორფული

ცხრილი 2. ნახშირბადოვანი მასალების ატომური სიმკვრივის განაწილების რადიალური ფუნქციის განგარიშების შედეგები

ნახშირბადოვანი მასალა	უახლოესი ატომთაშორისი მანძილები, E						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
ნ (მჟკ), ნ (ბეკ)	1,55	2,75	4,10				
აღმასი	1,54	2,90	3,20	3,53	3,53		
გრაფიტი	1,42	2,45	2,83	3,34	3,63	3,75	4,20
ტექნიკური ნახშირბადი (ჰვარტლი) PIM-100	1,65	2,90	4,20				

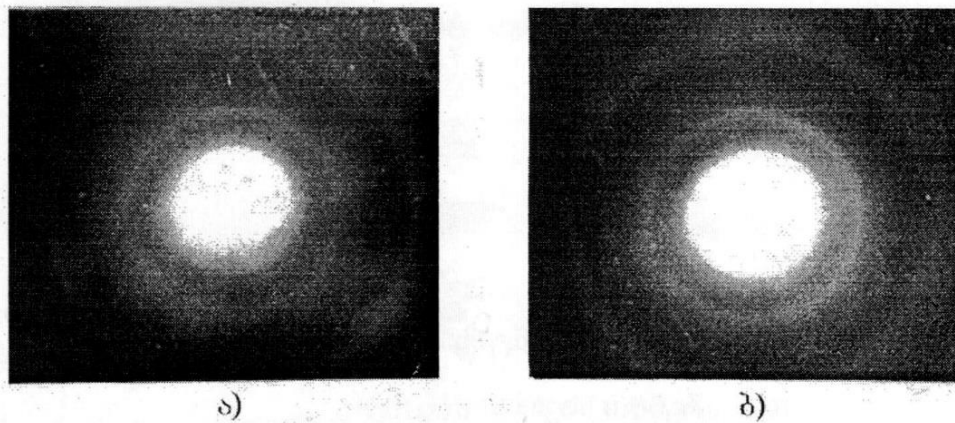


ნახ. 1. ნახშირბადოვანი მასალის ნ(ბპ)-ის ოქე-ელექტრონული სპექტროგრამა; C – ელემენტური ნახშირბადი; O – ელემენტური ჟანგბადი; S – ელემენტური გოგირდი



ნახ. 2. ნახშირბადოვანი მასალის ნ(სპრკდ)-ის ოქე-ელექტრონული სპექტროგრამა; C – ელემენტური ნახშირბადი; Fe – ელემენტური რკინა

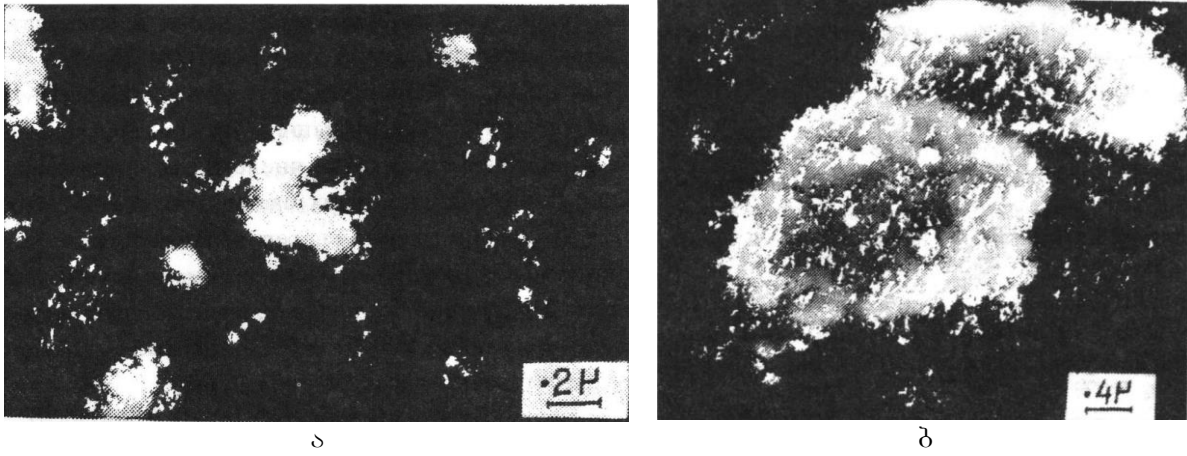
მიკროდიფრაქციული (ელექტრონოგრაფიული) კვლევის თანახმად, მიღებული ნახშირბადები არის ამორფულ მდგომარეობაში (ნახ. 3. ა, ბ).



ნახ. 3. ნახშირბადოვანი მასალების მიკროდიფრაქციული (ელექტრონოგრაფიული) გამოსახულებები: ა – ნ(მჟბ); ბ – ნ(ბპ)

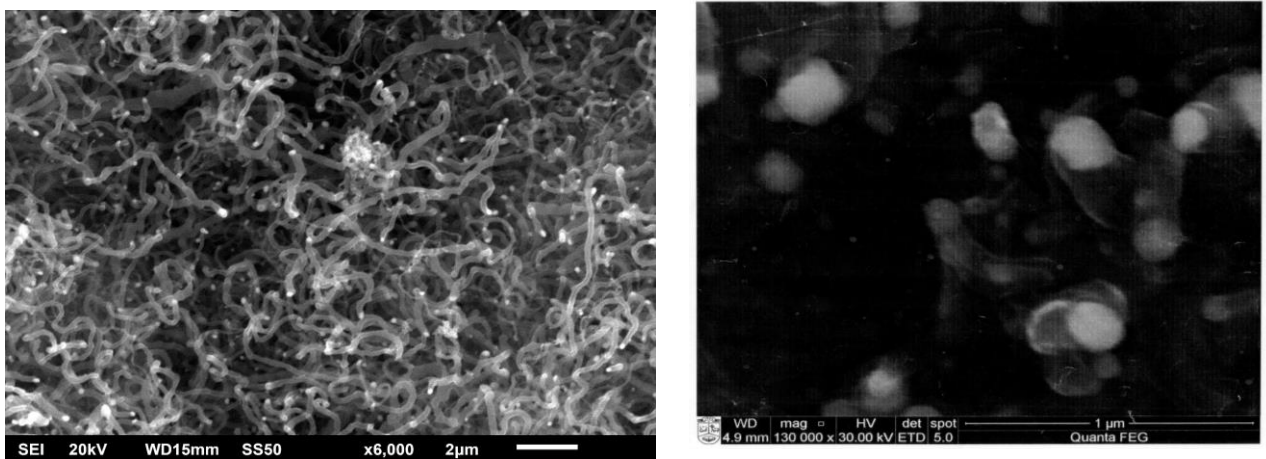
საცდელი ნახშირბადების მორფოლოგიის კვლევამ აჩვენა (ნახ. 4–7), რომ მათი ფხვნილები მოიცავენ შემთხვევით განაწილებულ და მიზიდულობის ძალებით ინდივიდუალურად გაერთიანებულ – ელემენტარული ნაწილაკებისაგან „თვითაწყობილ“ ახლო წყობაში მოწყვრიგებულ, საშუალოდ 20–50 ნმ დიამეტრის მქონე ნანოაგლომე-

რატებს, ანუ ნანონაწილაკებს. ამასთან, თუ ნანოფხენილები სინთეზირებულია რეაქტორში რკინის ფირფიტის ზედაპირზე ნორმალური ატმოსფერული წნევის ქვეშ, ნანონაწილაკები წარმოადგენენ რკინის ოქსიდის კლასტერებს (ბირთვის სახით), რომლებიც დაფარულია ნახშირბადის შრით (გარსის სახით).



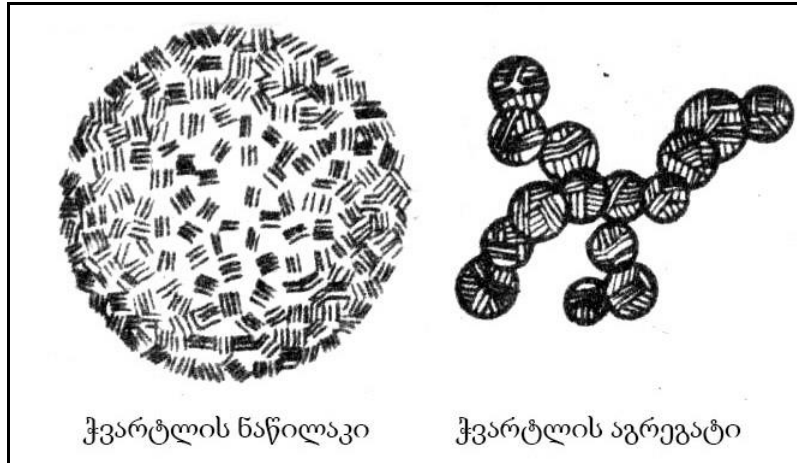
ნახ. 4. ნახშირბადოვანი მასალების რემ-გამოსახულებები:  
 ა – ნ(ბეკ); ბ – ნ(მეპ)

საკვლევი ნახშირბადოვანი მასალების ამორფულობისა და ნანოდისპერსულობის მაღალი ხარისხი, დიდი ალბათობით, მიანიშნებს მათი ე.წ. „უწონასწორობის“ მაღალი დონის შესახებ. შესაბამისად, მიზანშეწონილია მათთან მიმართებაში ტექნიკური ნახშირბადის (ჭვარტლის) სტრუქტურის უკვე ცნობილი თავისებურებების განხილვა.



ნახ. 5. ნახშირბადოვანი მასალის ნ(სპრკდ)-ის რემ-გამოსახულებები

ჭვარტლის ნაწილაკები შედგება მცირე ზომის კრისტალიტებისაგან (ნახ. 6) [11]. ნაწილაკების საშუალო დიამეტრი ჭვარტლების ცნობილი ნაირსახეობებისათვის 300-დან 0,01 მკმ-ის ფარგლებში იცვლება.

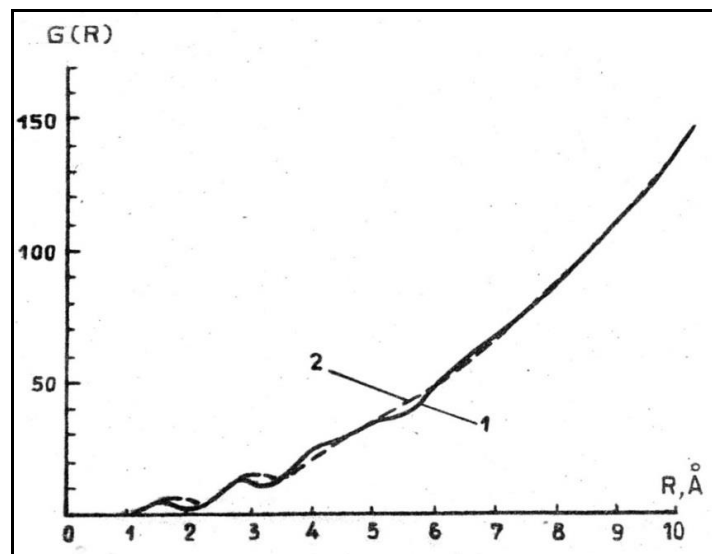


ნახ. 6. ტექნიკური ნახშირბადის (ჭვარტლის) სტრუქტურა

ნაწილაკები ხასიათდებიან ე.წ. ტურბოსტრატული (მოუწესრიგებელი) სტრუქტურით. ნაწილაკის ზედაპირიდან ცენტრისაკენ კრისტალიტების ურთიერთგანლაგების მოუწესრიგებლობა იზრდება, ხოლო სიმკვრივე მცირდება. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ კრისტალიტების მოუწესრიგებლობა ასევე იზრდება ნაწილაკების ზომის შემცირებასთან ერთად.

ჭვარტლის სტრუქტურის თავისებურებათა და საცდელი ნახშირბადების ამორფულობისა და დისპერსულობის შედარებით მაღალი ხარისხის ურთიერთშეჯერება მიუთითებს ნანოდისპერსული ამორფული ნახშირბადების უწონასწორო (მეტასტაბილური) მდგომარეობის უფრო მაღალ ხარისხზე და, შესაბამისად, მაღალ უნარზე – ხახუნის პროცესში განიცადოს პოლიმორფული გარდაქმნები და წარმოქმნას ზედაპირული მეორადი სტრუქტურა, რომელიც ფაზების სახით შეიცავს ნახშირბადის ენერგეტიკულად უფრო სტაბილური („წონასწორებული“) სტრუქტურების მქონე გრაფიტისა და აღმასის ნანონაწილაკებს.

აღნიშნულ ვერსიას უფრო მეტად ამყარებს საკვლევ ნახშირბადების ატომური სიმკვრივის განაწილების რადიალური ფუნქციის გაანგარიშების შედეგები (ნახ. 7, ცხრ. 2), რამდენადაც, აღნიშნული მაჩვენებლის მიხედვით, ნახშირბადოვანი მასალები უფრო ახლოსაა აღმასთან.



ნახ. 7. მაღალდისპერსული ამორფული ნახშირბადის ატომების რადიალური განაწილების მრუდები:

1 – ნ(მკ), ნ(ბკ); 2 – ПИМ-100



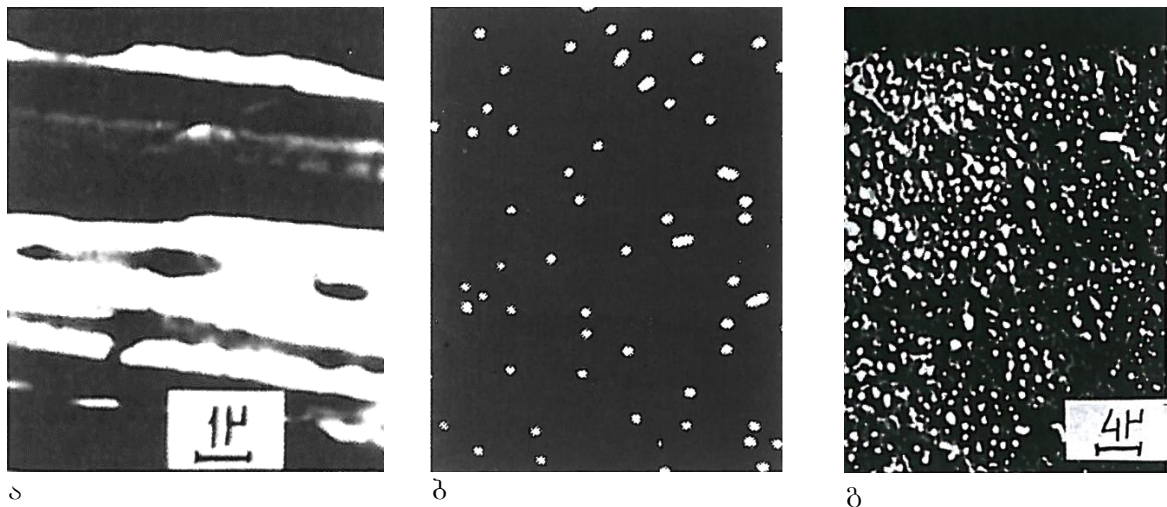
ზემოაღნიშნული საფუძვლიანად ადასტურებს, რომ ტრიბოსინთეზირებული ალმასის ნანოკრისტალების შემცველი მაღალეფექტიანი მეორადი ზედაპირული სტრუქტურის შექმნის უნარი განაპირობებს აღნიშნული ნახშირბადების ფუძეზე მაღალი ტრიბოლოგიური თვისებების მქონე მრავალფუნქციური შემზეთი მასალების დამუშავების შესაძლებლობას.

**2. ხახუნის კვანძების მოხახუნე სხეულების მასალის სტრუქტურის კვლევა**

ჩვენს მიერ ალმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზის ეფექტი დაფიქსირებულია ხახუნის კვლევისათვის განკუთვნილი სპეციალური მანქანებისა და ავტომობილების აგრეგატების ხახუნის კვანძების მუშა სხეულების (დეტალების) ზედაპირზე. ასეთი კვანძებისთვის დამახასიათებელი ხახუნის სახეებია – სრიალი, გორვა და გორვა-სრიალით, როდესაც ადგილი აქვს ძირითადად ელასტოპლასტიკურ შეზეთვას.

აღნიშნულის გათვალისწინებით, ალმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზის პროცესის შემდგომი უფრო ღრმა კვლევისათვის შერჩეულ იქნა საზეთი მასალების შემზეთი (სრიალის ხახუნი), პიტინგსაწინაღო (ხახუნი გორვა-წასრიალებისას) და ანტიფრიქციული (ხახუნი გორვა-სრიალისას) თვისებების საკვლევი მანქანების ხახუნის კვანძები, ხოლო მათი დეტალების მასალად – ბურთულებისათვის ფოლადი III-X-15, დისკოსათვის ფოლადი 45, ხოლო ხუნდისათვის ფოლადი 45 და თუჯი C4-20.

ახალი (არანამუშევარი) მოხახუნე სხეულების მასალის სტრუქტურა ნაჩვენებია ნახ. 8-ზე.



**ნახ. 8. ახალი (არანამუშევარი) ბურთულის (ფოლადი III-X-15) რემ-გამოსახულებები:**  
 ა – ზედაპირი; ბ – ზედაპირი (ნახშირბადის K-რენტგენულ გამოსახულებაში);  
 გ – ზედაპირი ბურთულის ჭრილში (ნახშირბადის K-რენტგენულ გამოსახულებაში)

**დასკვნა**

ალმასის ნანოკრისტალების ტრიბოსინთეზისათვის საჭირო ნახშირბადოვანი და მუშა სხეულების თვისებების, კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით, შესწავლის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ:

1. მეთანის ჟანგვითი პიროლიზის, ტექნიკური ბენზოლის ელექტროკარბონიზაციით და პიროლიზით, ასევე ეთილის სპირტის პაროლიზით და რკინით დოპირების გზით დამზადებული ნახშირბადოვანი მასალები ხასიათდებიან ნანოდისპერსულობის და ამორფულობის მნიშვნელოვანი მაღალი დონით.
2. შერჩეული ხახუნის კვანძების მუშა სხეულების მასალები ხასიათდებიან მათი საწყისი მდგომარეობის სტანდარტის შესაბამისი სტრუქტურით.

ლიტერატურა

1. Д. С. Иосебидзе, Э. Р. Кутелия, Л.И. Бершадский, Н.Т. Лоладзе, О.П. Шаламберидзе, А. П. Чхеидзе. О явлении трибосинтеза диссипативно-упорядоченных гетерофазных структур на основе углерода. Тбилиси, сообщения АН ГССР, 1987, №1, 128, с. 29-32.
2. Иосебидзе Д.С. Энергоберегающие автомобильные трансмиссионные масла на основе высокодисперсного углерода. -Тбилиси, Мецნიერება, 1993, 117 с.
3. D.S. Iosebidze, L.I. Bershadsky, E.R. Kutelia. Tribosynthesis of Graphite diamond Films and its Employment for Obtaining Structurally Adaptive Coatings. Paper presented at the 17 th International Conference Thin Films, San Diego, CA, USA, April 2-6, 1990, p. 275-283.
4. J. Padgurskas (Lithuania), E. Kutelia, D. Iosebidze, G. Abramishvili, M. Khvedelidze (Georgia). Study of tribological efficiency of new type additive to oils, "BALTRIB 2011", VI International Scientific Conference. Kaunas, Lithuania, 2011, p. 64-68.
5. В.М. Фарзалиев, С.А. Мамедов, Ф.А. Фаталидзе. Влияние структуры базовых компонентов на свойства уплотнительных резбовых смазок. Georgian engineering news, 2013, p. 58-62.
6. Кавтарадзе Р.З., Зеленцов А.А., Финкельберг А.А., Моделирование локального нестационарного теплообмена в камере сгорания и теплонапряженного состояния поршня авиационного двигателя. Москва, Известия АН РФ, 2010, №2, 133-151с.
7. Антонов В.Н., Латидус А.С. Производство ацетилен. -М., Химия, 1970, 416 с.
8. Иосебидзе Д.С., Меликадзе Л.Д. Получение высокодисперсного углерода электрокарбонизацией бензола. /Сообщения АН ГССР, 1967, Т. 47, №3, с. 575-580
9. Rukhadze L.N., Kutelia E.R., Maisuradze N.I., Eristavi B.G., Bakhtiyarov S.I. Preparation and characterization of carbon nanoparticles doped with magnetic clusters. //Georgian Engineering News, N4, 2009, p. 56.
10. L.N. Rukhadze, E.R. Kutelia, N.I. Maisuradze, B.G. Eristavi, S.I. Bakhtiyarov. Magnetic carbon nanopowders. /Materials Science and Engineering, USA, 2010.
11. Смирнов Б.Н., Фиальков А. С. Строение сажаемых частиц по донным электронной микроскопии. Труды Всесоюзного НИИ и Проектно-технологического института электроугольных изделий. -М.: Энергия, 1972, сс. 4-10.

*კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-19-16238“ / „This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [grant number FR-19-16238]“.*

SUMMARY

**STUDY OF CARBON MATERIALS AND MATERIALS OF RUBBING BODIES REQUIRED FOR TRIBOSYNTHESIS OF DIAMOND NANOCRYSTALS**

**Abramishvili G.S., Gelashvili O.G., Iosebidze D.S., Eristavi B.G., Diasamidze N.N. and Khvedelidze M.T. Georgian Technical University**

In the work the results of the research of the structures of carbon materials and the material of bodies is presented (with regard to the conditions of tribosynthesis of diamond nanocrystalles).

**Keywords:** carbon, diamond, tribosynthesis, amorphous, nanodisperse.

აღმასის ნანოკრისტალების ტრიბონომეთიზისათვის საჭირო ამორფული ნანოდიისპერსული ნახშირბადების შემცველი მოდელები ზეთების რეოლოგიური და ტრიბოტექნიკური თვისებების კვლევა

აბრამიშვილი გ.ს., იოსებიძე ჯ.ს., ფრიდონაშვილი დ.ნ., დიასამიძე ნ.ნ., ხვედელიძე მ.ტ., სალაძე ც.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

ჩვენს მიერ დაფიქსირებული იყო მაღალდისპერსული ამორფული ნახშირბადის შემცველი საზეთი მასალების არეში მომუშავე დეტალების მოხახუნე ზედაპირებზე ახალი ტიპის მეორადი ჰეტეროგენული სტრუქტურული ზედაპირული შრის წარმოქმნის მოვლენა. მანამდე ცნობილი მეორადი სტრუქტურებიდან განსხვავებით, იგი შეიცავს ამორფული ნახშირბადის, გრაფიტის და მიკროალმასების დისიპატიურად-მოწესრიგებულ ფაზებს [1-3]. აქამდე შესწავლილი იქნა ძირითადი წარმოქმნილი სამფაზიანი მეორადი შრის ტრიბოტექნიკური ეფექტიანობა [1-6, 12-14].

მოცემული ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ამორფული ნანოდიისპერსული ნახშირბადების შემცველი მოდელები საზეთი მასალების რეოლოგიური (სიბლანტე-ტემპერატორული) და ტრიბოტექნიკური (ცვეთასაწინააღმდეგ, ანტიფრიქციული) თვისებების კვლევა, ნახშირბადის ტრიბოსინთეზის გზით აღმასის ნანოკრისტალებად გარდაქმნის თეორიული საფუძვლების დამუშავებასთან მიმართებაში.

ძირითადი ნაწილი

1. მოდელები საზეთი მასალების ნიმუშების დამზადება ამორფული ნანო-დისპერსული ნახშირბადების ფუძეზე

აღნიშნული ნახშირბადები გამოირჩევიან დისპერსულობის და ამორფულობის მაღალი ხარისხით. მოდელები საზეთი მასალები დამზადდა ამორფული ნანო-დისპერსული ნახშირბადების ფუძეზე, რომლებიც მიღებული იქნა მეთანის ჟანგვითი პიროლიზით (მჟ) [7], ბენზოლის ელექტროკრეკინგით (ბეკ) [8], ბენზოლის პიროლიზით (ბპ) [9,10], ეთილის სპირტის პიროლიზით და რკინით დოპირებით (სპრკდ) [9]. მათი შემოკლებული პირობითი დასახელებებია, შესაბამისად: ნ(მჟ), ნ(ბეკ), ნ(ბპ) და ნ(სპრკდ), რომლებშიც „ნ“ ნიშნავს ნახშირბადს.

ცნობილია, რომ ნაწილაკთა ზომების შემცირებით იზრდება მიზიდულობის ვან-დერ-ვაალსის ძალებიც, რომლებიც იწვევენ მათ კოაგულაციას. ასე, მაგალითად, 0,1 მკმ დიამეტრის მქონე ნაწილაკებისთვის მიზიდულობის ენერგია 100–200-ჯერ აღემატება თბური მოძრაობის ენერგიას  $kT$  ( $k$  – ბოლცმანის მუდმივა,  $T$  – აბსოლუტური ტემპერატურა) [2]. მაგრამ კოლოიდური ნაწილაკები ვერ კოაგულირდებიან, თუ მათ ზედაპირზე ადსორბირებულია შესაბამისი ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება - ზან (რომელიც განაპირობებს ნაწილაკებს შორის განზიდვას), ასეთ ზან-ს სტაბილიზატორს უწოდებენ. ეფექტიანი სტაბილიზატორის შერჩევის შემთხვევაში, რაც უფრო მეტია ნახშირბადის ამორფულობის და დისპერსულობის ხარისხი, მით უფრო გაადვილებულია შესაბამისი სუსპენზიური ზეთის მაღალი კოლოიდური მდგრადობის (სტაბილურობის) მიღწევა [2]. ცხადია, ამ მხრივ, საკვლევ ნახშირბადებს დიდი უპირატესობა გააჩნიათ, თუ ოპტიმალურად იქნება შერჩეული შესაბამისი საბაზო ზეთი, სტაბილიზატორი და სუსპენზიის დამზადების მეთოდი.

აღნიშნულთან მიმართებაში, დასახელებული ნახშირბადების ფუძეზე მოდელები სუსპენზიური საზეთი მასალების მაღალი კოლოიდური (აგრეგატული და სედიმენტაციური) სტაბილურობის მისაღწევად, მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად, ოპტიმალურ საბაზო ზეთად იქნა მიჩნეული ინდუსტრიული ზეთი II-12A, რამდენადაც, სხვა საბაზო ზეთებთან (II-50, SAE 40, M8B და სხვ.) შედარებით, ამ ზეთში მეტ ეფექტიანობას ამჟღავნებენ სტაბილიზატორები (ოქტადეცილამინი, დნეპროლი, KPI, C-5A, Akop-1, ხოლო ოპტიმალურ სტაბილიზატორად – საკონსერვაციო დანამატი Akop-1 [4,11]. ასევე სუსპენზიური მოდელები საზეთი მასალების მომ-

ზადებისათვის, შერჩეული იქნა გორგოლაჭებიანი ჰომოგენიზატორი, რომელსაც, დამზადებული სუსპენზიის ხარისხითაც და წარმადობითაც, უპირატესობა გააჩნია ცნობილ ბურთულეზიან და ულტრაბერით შემრეველთან შედარებით [2,11].

მომზადებული მოდელური სუსპენზიების შემოწმება მიმდინარეობდა სელიმენტაციურ მდგრადობაზე, რაც შეიძლება ჩაითვალოს სუსპენზიური ზეთის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საექსპლუატაციო თვისებად, რამდენადაც მასში დისპერსული ფაზის – ნახშირბადის დალექვის შემთხვევაში, სუსპენზიური ზეთი კარგავს ნახშირბადის მოქმედების მექანიზმით (ე.ი. მოხახუნე დეტალების მუშა ზედაპირებზე ალმასის და გრაფიტის ნაწილაკების ფაზების ტრიბოსინთეზით) განპირობებულ ტრიბოტექნიკურ ეფექტიანობას. რაც შეეხება აგრეგატულ სტაბილურობას (ე.ი. ნახშირბადის ნაწილაკების კონგლომერატებად აგრეგირებისადმი „წინააღმდეგობის“ უნარს), მართალია მისი ამადლება სელიმენტაციურ მდგრადობას ამადლებს, მაგრამ იგი გარეგნულად და თანაც ირიბად მაინც სელიმენტაციური მდგრადობის სახით ვლინდება.

აღსანიშნავია, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული ზეთების მუშაობის რეალურ პირობებთანაა მიახლოებული ჰომოგენიზატორში სუსპენზიური ზეთის დამზადების ტექნოლოგიური სქემა (ნახშირბადის ნაწილაკების დისპერგირება გორგოლაჭების მოხახუნე ზედაპირებს შორის, სუსპენზიის შერევა-ცირკულაცია, ცვეთის პროდუქტებისაგან გაწმენდა).

კვლევის შედეგების თანახმად, ჰომოგენიზატორის მუშაობის ოპტიმალური პარამეტრებია: საკისრების ბრუნვის სისწორე  $n=1500$  წთ<sup>-1</sup>, ღერძულ დატვირთვა  $P=200$  ნ და ჰომოგენიზირების ხანგრძლივობა  $t=15$  წუთს [11].

იმის გათვალისწინებით, რომ მანქანათა ხახუნის კვანძებისათვის განკუთვნილ სუსპენზიურ ზეთებში მიზანშეწონილია ნახშირბადების კონცენტრაცია იყოს 1-დან 5%-მდე ზღვრებში [2], შესაბამისად, მოდელური საზეთო მასალებიც დამზადდა ნახშირბადების 1-5%-იანი სუსპენზიების სახით.

მოდელური ზეთების ნიმუშების სელიმენტაციური მდგრადობის განსაზღვრა ხდებოდა 18 სმ სიმაღლის საზომ მინის ცილინდრებში მოთავსებული სუსპენზიებში ნახშირბადის ფაზის ზედა ზღვარის გარკვეული დროის განმავლობაში დალექვის სიმაღლის სიდიდით (მმ-ში), მისი გაზომვის ცდომილება არ აღემატებოდა 5%-ს.

ცხრილი 1. ზეთში ნ(ბეკ) და ნ(სპრკდ)-ის 1, 3 და 5%-იანი სუსპენზიების სელიმენტაციური მდგრადობა

სუსპენზიის ზედა ზღვარის დაწდომის დრო, სთ	სუსპენზიის ზედა ზღვარის დაწდომის სიმაღლე, მმ			
	ნახშირბადის შემცველობა, %			
	1	1	3	5
	Акоп-1-ის შემცველობა, %			
	0	3	9	15
1 სთ	1,5–2,0	სისტემა ვიზუალურად ერთგვაროვანია. გაყოფის ზღვარი და ნალექი არ ჩანს	სისტემა ვიზუალურად ერთგვაროვანია. გაყოფის ზღვარი და ნალექი არ ჩანს	სისტემა ვიზუალურად ერთგვაროვანია. გაყოფის ზღვარი და ნალექი არ ჩანს
2 სთ	2,0–2,5			
3 სთ	2,5–3,5			
4 სთ	5,0–6,5			
5 სთ	8,0–9,5			
6 სთ	10,0–11,0			
7 სთ	14,0–15,5			
8 სთ	16,0–18,5			
24 სთ	70,0–75,0			
1 თვე	ნალექი			

ჩატარებული კვლევების შედეგად, დადგენილია იქნა, რომ ნახშირბადების – ნ(მუკ), ნ(ბეკ), ნ(ბპ) და ნ(სპრკდ)-ის 1, 3 და 5%-იანი მოდელური სუსპენზიები საბაზო ზეთთან II-12A წარმოადგენენ სელიმენტაციურად (და, შესაბამისად, ასევე აგრეგატულად) საკმარისად სტაბილურ სისტემებს, რამდენადაც მათ სინჯებში ნახშირბადის

ნანონაწილაკების ფაზის ზედა ზღვარი 1 თვის განმავლობაში არ ილექება იმდენად, რომ სუსპენზიის გაყოფის ზღვარი გამოჩნდეს. ამასთან, მოდელური სუსპენზიების ყველა ნიმუში გარეგნულად (ვიზუალურად) ინარჩუნებს ერთგვაროვნებას (ჰომოგენურობას) და არ წარმოქმნის ნალექს, რაც კარგად ჩანს მაგალითისათვის მოტანილი ცხრ. 1-დან.

**2. მოდელური საზეთი მასალების ნიმუშების სიბლანტე-ტემპერატურული თვისებების კვლევა**

ამორფული ნანოდისპერსული ნახშირბადოვანი მასალების შემცველი სუსპენზიური ზეთების ნიმუშების სიბლანტე-ტემპერატურული თვისებები შესწავლილ იქნა როტაციურ ვისკოზიმეტრზე „რეოტესტი“ (გერმანია), ტემპერატურების +100-დან +20°C-მდე დიაპაზონში. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 2 და 3.

თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით, რაც უფრო ნაკლებად იცვლება მოდელური ზეთის სიბლანტე და თანაც სიბლანტე არის შეძლებისდაგვარად მინიმალური სიდიდისა, დიდი ალბათობით, ზეთის ნახშირბადოვანი ფაზა უფრო მეტად დაექვემდებარება ხახუნის პროცესში პოლიმორფულ გარდაქმნებს, რაც განაპირობებს ტრიბოსინთეზირებული ალმასის ნანონაწილაკების შემცველი ზედაპირული მეორადი სტრუქტურების ეფექტიანად წარმოქმნას.

აღნიშნულთან მიმართებაში პერსპექტიულად უნდა იქნეს მიჩნეული საბაზო ზეთის (И-12А)-ს და ნახშირბადებთან მისი სუსპენზიების სიბლანტე-ტემპერატურული თვისებები (ცხრ. 2), რამდენადაც მათი სიბლანტე, ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით შედარებით ნაკლებად იცვლება და, რაც მთავარია, თავად სიბლანტის სიდიდეები არის ყოველთვის შედარებით მცირე.

როგორც ცხრ. 2 და 3 მონაცემებიდან ჩანს, ნახშირბადების და Акор-1-ის კონცენტრაციების ერთდროულად (დადგენილი თანაფარდობით) გაზრდისას, სუსპენზიური მოდელური ზეთების სიბლანტე მატულობს, მაგრამ სიბლანტის ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების, И-12А-თვის დამახასიათებელი, კანონზომიერება პრაქტიკულად თითქმის არ იცვლება. ამასთან, მოდელური ზეთების სიბლანტე ბევრად ნაკლებია შესაბამისი სასაქონლო ზეთების სიბლანტეებზე. მაგალითად, მოდელური სუსპენზიების სიბლანტე 20 და 100 °C ტემპერატურაზე არის 120–139 და 6,2–6,8 მპა.წმ, ხოლო სასაქონლო ზეთის CASTROL 140-სათვის – 630 და 10,3 მპა.წმ (ცხრ. 3).

**ცხრილი 2. კომპონენტების გავლენა მოდელური სუსპენზიური ზეთების სიბლანტე-ტემპერატურულ თვისებებზე**

ზეთების დასახელება	დინამიკური სიბლანტე, მპა.წმ		
	100°C	50°C	30°C
ზეთი И-12А დანამატების გარეშე	3,3	14,1	35,1
+3%Акор-1+ნ(მუპ), ნ(ბეკ), ნ(ბპ) ან ნ(სპრკდ)			
1%	4,6–5,2	16,5–17,2	47,9–53,3
3%	4,8–5,5	17,1–17,9	50,3–56,1
5%	5,0–5,6	18,3–19,0	53,1–57,5
+9%Акор-1+იგივე:			
1%	5,2–5,7	18,3–22,1	48,3–54,7
3%	5,5–5,8	19,8–22,8	56,1–69,3
5%	5,6–6,2	21,3–23,1	67,0–85,1
+15%Акор-1+იგივე:			
1%	5,5–5,8	22,1–23,8	54,3–60,7
3%	5,8–6,0	23,2–24,9	67,7–75,9
5%	6,2–6,8	28,5–30,7	81,9–87,6

ცხრილი 3. მოდელური და სასაქონლო ზეთების სიბლანტე-ტემპერატურული თვისებები

ზეთების დასახელება	დინამიკური სიბლანტე, მპა.წმ				
	ტემპერატურა °C				
	20	40	60	80	100
И-12А+5% ნ(მჟკ),ნ(ბეკ), ან ნ(სპრკდ)+15% Акор-1	120–139	47–55	21–28	13–18	6,2–6,8
Castrol 140	630	170	59	22	10,3
MOBILLE 80W90	1000	220	91	48	24,1

**3. მოდელური საზეთო მასალების ნიმუშების ტრიბოტექნიკური თვისებების კვლევა**

გამოკვლეული იქნა მოდელური ნიმუშების ცვეთასაწინააღმდეგ, აგლექჯასაწინააღმდეგ, პიტინგსაწინააღმდეგ და ანტიფრიქციული თვისებები.

ცვეთა- და აგლექჯასაწინააღმდეგ თვისებები შესწავლილი იქნა ხახუნის ოთხბურთულიან მანქანაზე (ბურთულები დამზადებულია ფოლადისაგან ИХ-15), პარალელური გამოცდის შედეგების გადახრა ქვედა ბურთულების ცვეთის კვალის საშუალო დიამეტრთან მიმართებაში არ აღემატება  $\pm 2,5\%$ -ს.

კვლევის შედეგების თანახმად (ცხრ. 4), ოთხბურთულიან ხახუნის მანქანაზე 10-წამიანი გამოცდების მიხედვით, დატვირთვათა დიაპაზონში 200–4000ნ, ცვეთასაწინააღმდეგ თვისებებისა და ზღვრული დატვირთვების მაჩვენებლების ( $d_{ცვ}$  – ცვეთის კვალის,  $P_{კრ}$  და  $P_{ა}$  – კრიტიკული და შედუღების ღერძული ძალები) სიდიდით ნ(მჟკ), ნ(ბეკ), ნ(ბპ) და ნ(სპრკდ)-ის 5%-იანი სუსპენზიური საზეთო ნიმუშები პრაქტიკულად ერთმანეთის ტოლფასია, ამასთან, ისინი ტრიბოტექნიკური მაჩვენებლებით თითქმის სასაქონლო სატრანსმისიო ზეთების (ТСП-15K, ТАП-15B) დონისაა. აღსანიშნავია, რომ 2% ნანოდისპერსული ნახშირბადების დამატებით, მნიშვნელოვნად უმჯობესდება აღნიშნული სასაქონლო ზეთების ზღვრული დატვირთვის მაჩვენებლები.

ცხრილი 4. მოდელური საზეთო მასალებისა და სასაქონლო საავტომობილო სატრანსმისიო ზეთების ტრიბოტექნიკური მაჩვენებლები ( $P_{კრ}$ ,  $P_{ა}$ ,  $d_{ცვ}$ ), ცდის ხანგრძლივობისას - 10 წმ

ზეთის დასახელება	ტრიბოტექნიკური თვისებები		
	$P_{კრ}$ , ნ	$P_{ა}$ , ნ	$d_{ცვ}$ , ნ
И-12А+5% ნ(მჟკ) + 15%Акор-1	750	3550	0,81
И-12А+5% ნ(ბპ) +15%Акор-1	750	3450	0,80
И-12А+5% ნ(ბეკ) +15%Акор-1	770	3500	0,82
И-12А+5% ნ(სპრკდ) +15%Акор-1	750	3400	0,81
ТСП-15K	890	3150	0,55
ТСП-15K+2% ნ(მჟკ)	1250	4000	0,60
ТСП-15K+2% ნ(ბპ)	1100	3550	0,68
ТАП-15B	850	3000	0,65
ТАП-15B+2% ნ(მჟკ)	1150	3550	0,68
ТАП-15B+2% ნ(ბპ)	1100	3500	0,70
GL – 60 (გერმანია)	1000	4000	0,41

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ამორფული ნანოდისპერსული ნახშირბადების შემცველი მოდელური საზეთო მასალების ნიმუშები, დიდი ალბათობით, მოქმედების მექანიზმის უპირატესობის გამო, ქიმიურად აქტიური დანამატების შემცველი სასაქონლო ზეთებისაგან განსხვავებით, ნაკლებად ექვემდებარებიან ცვეთა- და აგლექჯა-

საწინაღო თვისებების გაუარესებას ცდის დროს მუშაობის ხანგრძლივობის და დატვირთვების გაზრდისას, რაც კარგად ჩანს ცხრ. 4 და 5- ის მონაცემების შედარებით.

ცხრილი 5. მოდელური საზეთი მასალებისა და საავტომობილო სასაქონლო ზეთების ოთხბურთულიან მანქანაზე გამოცდების შედეგები, ცდის ხანგრძლივობისას – 2 სთ

ზეთის დასახელება	ტრიბოტექნიკური თვისებები			
	P <sub>კრ</sub> , ნ	P <sub>ა</sub> , ნ	d <sub>ცვ</sub> , მმ	
			P=90 ნ	P=2000 ნ
И-12А+15%Акоп-1:				
+5% ნ(მუკ)	410	2900	0,87	2,7
+5% ნ(ბეკ)	400	2850	0,85	2,7
+5% ნ(ბპ)	420	2850	0,86	2,9
+5% ნ(სპრკდ)	410	2800	0,8	2,8
ТСП-15К	440	2200	0,70	3,3
ТАП-15В	410	2200	0,76	3,6
GL-60 (გერმანია)	470	2800	0,62	3,5

ცხრილი 6. მოდელური ზეთების ნიმუშების და სასაქონლო ზეთების პიტინგსაწინაღო თვისებების კვლევის შედეგები

საცდელი ზეთები	საშუალო დრო τ პიტინგის დაწყებამდე, წთ
И-12А + 15% Акоп-1	62
იგივე + 5% ნ(მუკ)	110
იგივე + 5% ნ(ბეკ)	108
იგივე + 5% ნ(ბპ)	108
იგივე + 5% ნ(სპრკდ)	109
Mobile 80W	90
Castrol 140	88

მოდელური ზეთების ნიმუშების პიტინგსაწინაღო თვისებები შესწავლილი იქნა ხახუნის სპეციალურ ოთხბურთულიან მანქანაზე, ღერძული დატვირთვისას P=4500 ნ და ბრუნვის სიხშირისას n=1800 წთ<sup>-1</sup>. საცდელი ნიმუშების პიტინგსაწინაღო თვისებების შეფასება ხდებოდა მანქანის მუშაობის ხანგრძლივობით (წთ-ში) ზედა ბურთულაზე პიტინგის დაწყებამდე. შედეგების საშუალო კვადრატული გადახრა შეადგენდა 3–5%-ს.

როგორც ცხრ. 6-ის მონაცემებიდან ჩანს, საკვლევი მოდელური ზეთები გამოირჩევიან მაღალი პიტინგსაწინაღო ეფექტიანობით და ამ მხრივ აღემატებიან ცნობილ სასაქონლო სატრანსმისიო ზეთებს – Mobile 80W და Castrol 140-ს. რაც შეეხება თავად მოდელური საზეთი ნიმუშების პიტინგსაწინაღო თვისებებს, მათი მაჩვენებლები მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და სიდიდით არიან დიაპაზონში: 108–110 წთ.

მოდელური საზეთი მასალების ანტიფრიქციული თვისებები გამოკვლეული იქნა ხახუნის მანქანაზე CMT-1. ხახუნის კვანძი მოცემულ შემთხვევაში წარმოადგენდა ნაწრთობი ფოლადი 45-სგან დამზადებულ დისკოსა და ხუნდის წყვილს.

ექსპერიმენტების შედეგების თანახმად (ცხრ. 7), ამორფული ნანოდისპერსული ნახშირბადების შემცველი მოდელური საზეთი მასალების ნიმუშები დატვირთვათა საკმარისად დიდ დიაპაზონში (400–1500ნ), უზრუნველყოფენ მოხახუნე ზედაპირებს შორის ხახუნის კოეფიციენტის საკმარისად მცირე და ერთმანეთისაგან უმნიშვნელოდ განსხვავებულ სიდიდეებს.

ცხრილი 7. მოდელური საზეთი მასალების ნიმუშების და სასაქონლო სატრანსმისიო ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებების კვლევის შედეგები

ზეთების დასახელება	ნახუნის კოეფიციენტი f					
	დერჟული დატვირთვა, ნ					
	200	400	600	800	1000	1500
И-12А + 15% Акор-1+ 5% ნ(მუკ) ან ნ(ბეკ), ნ(ბპ) ან ნ(სპრკდ)	0,08- -0,09	0,16- -0,18	0,19- -0,22	0,20- -0,22	0,31- -0,33	0,35- -0,38
Castrol 140	0,33	0,22	0,24	0,26	0,38	0,45
MOBILLE 80W	0,11	0,21	0,23	0,25	0,36	0,43

ამასთან, აღნიშნულ მოდელურ საზეთ მასალებს, ენერჯის დაზოგვის უნარიანობის თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანი უპირატესობა გააჩნიათ ისეთი ცნობილი სასაქონლო სატრანსმისიო ზეთების მიმართ, როგორცაა Castrol 140 და Mobile 80W.

**დასკვნა**

აღმასის ნანოკრისტალებად ამორფული ნახშირბადის ტრიზოსინთეზის გზით გარდაქმნის პირობებთან მიმართებაში ნახშირბადის შემცველი მოდელური საზეთი მასალების თვისებების, თანამედროვე ექსპერიმენტული აპარატურის გამოყენებით, კვლევის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ დამუშავებული საზეთი მასალების ყველა ნიმუში გამოირჩევა მაღალი კოლოიდური სტაბილურობით, რეოლოგიურ-ტრიბოტექნიკური თვისებებით და შედარებით მცირე სიბლანტით, რაც, დიდი ალბათობით, ხელშემწყობია ტრიბოსინთეზის პროცესის რეალიზებისთვის.

**ლიტერატურა**

1. Д.С. Иосебидзе, Э.Р. Кутелия, Л.И. Бершадский, Н.Т. Лоладзе, О.П. Шаламберидзе, А.П. Чхеидзе. О явлении трибосинтеза диссипативно-упорядоченных гетерофазных структур на основе углерода. -Тбилиси, /сообщения АН ГССР. 1987. №1, 128, с. 29-32.
2. Иосебидзе Д.С. Энергосберегающие автомобильные трансмиссионные масла на основе высокодисперсного углерода. -Тбилиси, Мецниереба, 1993, 117с.
3. D.S. Iosebidze, L.I. Bershadsky, E.R. Kutelia. Tribosynthesis of Graphite diamond Films and its Employment for Obtaining Structurally Adaptive Coatings. Paper presented at the 17-th International Conference Thin Films, San Diego, CA, USA, April 2-6, 1990, 275-283.
4. ღ.ჩ. ლომიძე. საავტომობილო ნახშირბადიანი სუსპენზიური სატრანსმისიო ზეთების დამუშავება. საკანდიდატო დისერტაცია, 1986, 207 გვ.
5. ა.პ. ჩხეიძე. მაღალდისპერსული ნახშირბადის შემცველი დაბალსიბლანტიანი სატრანსმისიო ზეთის გაკვლევა სატვირთო ავტომობილების საექსპლუატაციო ხარჯებზე. საკანდიდატო დისერტაცია, 1988, 155 გვ.
6. გ.ს. აბრამიშვილი. მაღალდისპერსული ნახშირბადის გაკვლევა საავტომობილო სატრანსმისიო ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებებზე. საკანდიდატო დისერტაცია, 1988, 176 გვ.
7. Антонов В.Н., Латидус А.С. Производство ацетилена. -М.: Химия, 1970, 416 с.
8. Иосебидзе Д.С., Меликадзе Л.Д. Получение высокодисперсного углерода Электрокарбонизацией бензола. Сообщения АН ГССР, 1967, Т.47, №3, с.575-580.
9. Rukhadze L.N., Kutelia E.R., Maisuradze N.I., Eristavi B.G., Bakhtiyarov S.I. Preparation and characterization of carbon nanoparticles doped with magnetic clusters. //Georgian Engineering News, N4, 2009, p. 56.
10. L.N. Rukhadze, E.R. Kutelia, N.I. Maisuradze, B.G. Eristavi, S.I. Bakhtiyarov. Magnetic carbon nanopowders. Materials Science and Engineering, USA, 2010.
11. ჯ.ს. იოსებიძე. მაღალდისპერსული ნახშირბადის, როგორც ავტოსატრანსმისიო ზეთების დანამატის კვლევა. საკანდიდატო დისერტაცია. 1968, 166 გვ.
12. В. М. Фарзалиев, С.А. Мамедов, Ф.А. Фатализаде. Влияние структуры базовых компонентов на свойства уплотнительных резбовых смазок. Georgian engineering news, 2013, P. 58-62
13. J. Padgurskas (Lithuania), E. Kutelia, D. Iosebidze, G. Abramishvili, M. Khvedelidze (Georgia). Study of tribological efficiency of new type additive to oils, "BALTRIB 2011", VI International Scientific Conference. Kaunas, Lithuania, 2011, p. 64-68.



14. Кавтарадзе Р.З., Зеленцов А.А., Финкельберг А.А. Моделирование локального нестационарного теплообмена в камере сгорания и теплонапряженного состояния поршня авиационного двигателя. Москва, Известия АНРФ, 2010, №2, 133-151 с.

*კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-19-16238“ / „This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [grant number FR-19-16238]“.*

**SUMMARY**

**STUDY OF RHEOLOGICAL AND TRIBOTECHNICAL PROPERTIES MODEL OILS CONTAINING AMORPHOUS NANODISPERSED CARBON, REQUIRED FOR TRIBOSYNTHESIS OF DIAMOND NANOCRYSTALS**

**Abramishvili G.S., Iosebidge D.S., Pridonashvili D.N., Diasamidze N.N., Khvedelidze M.T. and Saladze Ts.M.**

**Georgian Technical University**

In the work the results of the researches of reological and tribotechnical properties of model lubricants, elaborated on the basis of amorphous nanodisperse carbons, are presented (with regard to the conditions of tribosynthesis of diamond nanocrystalles)

**Keywords:** amorphous, nanodisperse, carbon, model lubricant, tribotechnic, rheological, antidanage, antifricition, viscosity, temperature.

ახალი ცვეთამდეები დასადუღებელი დანაფარიანი ელექტროდების ტექნოლოგიური მახასიათებლები

ხუციშვილი მ.გ., დადიანიძე გ.ა., სარალიძე ბ.რ. აბდუშელიშვილი ი.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფ. თავაძის სახელობის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

ახალი ცვეთამდეები დასადუღებელი მასალების დამუშავების პროგრამის ფარგლებში შეიქმნა ახალი დანაფარიანი ელექტროდები.

ფ. თავაძის სახელობის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტში დამუშავდა და დამზადებული იქნა ორი სახის ახალი დანაფარიანი ელექტროდი. პირველში საშემდგობლო მავთულად გამოყენებულია შენადნობი Ni-80%, Cr-20%. ხოლო მეორეში C<sub>B</sub>-08(ГОСТ 2246 70). დაფარვაში შეყვანილია განსხვავებულად ქრომის კარბიდი Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> ასევე ელექტროდის დამზადებისას გამოიყენება კაზმი, რომლის წონის 25 %-ს ემატება თხევადი მინა, ხოლო დანარჩენი ელემენტების პროცენტული შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში:

კაზმის ქიმიური შემადგენლობა %-ში

რუტილი	25-30
ქრომის კარბიდი	25-30
კალციუმის ფტორიდი	20-21
ფეროვანადიუმი	0,35-0,5
ფეროტიტანი	0,8-1,0
ბორის კარბიდი	1,0-1,5
ნატრიუმის სილიციუმ ფტორიდი	1,5-2,0
მარმარილო	11-12
აზოტირებული ფერომანგანუმი	0,3-0,5
სპილენძი	0,3-1,0
ალუმინი	1,0-1,5
გრაფიტი	1,0-1,5
კობალტი	1,0-1,5
ცერიუმის ჯგუფის იშვიათ მიწათა ლითონები GeF <sub>3</sub> , LaF <sub>3</sub> , NaF <sub>3</sub> , PrF <sub>3</sub> , YF <sub>3</sub>	0,5-1,0
რკინა	დანარჩენი

დანაფარიანი ელექტროდები დამზადებული იქნა პრესზე ГОСТ 9466 – 75-ის [1], შესაბამისად (სურ. 1).



სურ. 1. დანაფარიანი ელექტროდების დასამზადებელი პრესი

დანაფარიანი ელექტროდების ნედლეულის ქიმიური შემადგენლობა არ იძლევა ხარისხიანი ელექტროდების წარმოების გარანტიას [2]. ხარისხიანი ელექტროდები უნდა აკმაყოფილებდნენ მთელ რიგ ტექნოლოგიურ მახასიათებლებს [3,4].

გარდა ტრიბოლოგიური თვისებების კვლევებისა მნიშვნელოვანი იყო გამოკვლევითი ახალი ცვეთამდეგი დანაფარიანი ელექტროდების საშემდუღებლო ტექნოლოგიური მახასიათებლები. ექსპერიმენტების დროს გამოვიყენეთ მუდმივი დენის კვების წყარო P – ARC 840 სურ. 2.



სურ. 2. მუდმივი დენის კვების წყარო P – ARC 840

დამზადებული დანაფარიანი ელექტროდები იყო მტკიცე, მკვრივი, ფორების, გამონაბერების, კოურების და ბზარების გარეშე. 3 მმ დიამეტრის ელექტროდების დანაფარები არ ირღვეოდა 1 მ სიმაღლიდან, ფოლადის ფილაზე ბრტყლად ვარდნისას. შედუღების ძირითადი რეჟიმის პარამეტრების დაცვისას რკალი ადვილად აიგზნებოდა და სტაბილურად ენთო.

ახალი დანაფარიანი ელექტროდების დამუშავებისას მნიშვნელოვანია ყურადღება მიექცეს რკალის განმეორებით ანთებას. რკალის განმეორებით ანთება ელექტროდის ტექნოლოგიური თვისებაა, უზრუნველყოს ადვილად ალაგზნოს რკალი, გაწყვეტის შემდეგ, ლითონთან ცივი კონტაქტის დროს. ამ დროს რკალის ანთება ხდება ელექტროდის ტორსის ძირითად ლითონთან შეხებისას დარტყმის გარეშე, ანუ არ უნდა მოხდეს ელექტროდის ბოლოში გაუმდნარი მილისებური დანაფარის ნგრევა [5].

ახალი ცვეთამდეგი დასადუღებელი ელექტროდების განმეორებით ანთების კვლევა ხორციელდებოდა გაუმდნარი დანაფარის მილისებური გამონაშვერის ტორსისა და ლითონის ფირფიტას შორის საკონტაქტო წინაღობის საანგარიშო მნიშვნელობით [6].

საკონტაქტო წინაღობის საშუალო საანგარიშო მნიშვნელობა შეადგენდა MP-3 ელექტროდებისათვის 52, 23 მომ-ს, ხოლო ელექტროდების, სადაც საშემდუღებლო მავთულად გამოყენებულია შენადნობი Ni–80%, Cr–20%. შეადგენდა 51,15 მომ-ს, ხოლო ელექტროდების, სადაც საშემდუღებლო მავთულად გამოყენებულია CB-08(ГОСТ 2246 70). 49,16 მომ-ს.

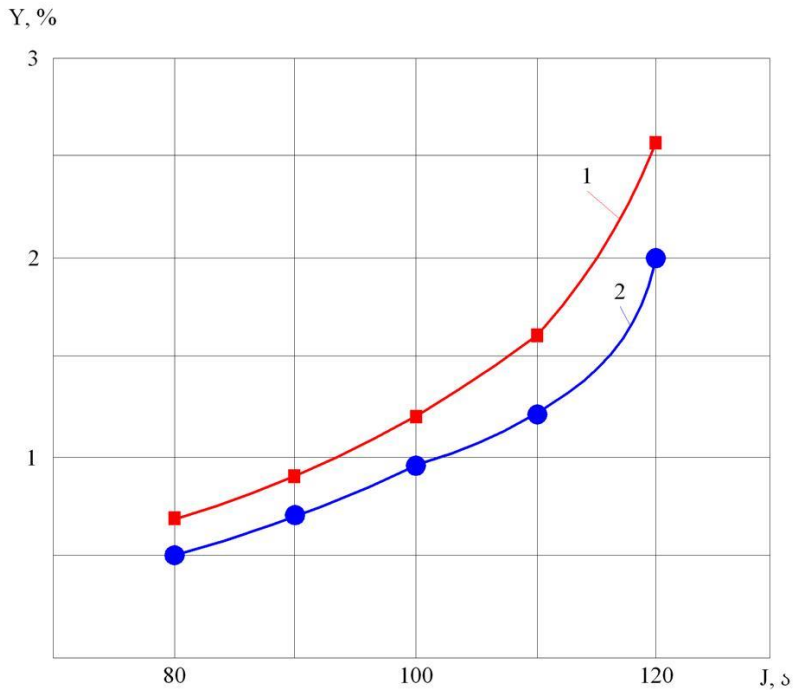
ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ორივე სახის ახალი ელექტროდების გაუმდნარი დანაფარისაგან მიღებული მილისებური გამონაშვერი დენგამტარია. აქედან გამომდინარე მეორადი ანთება საიმედოა.

დანაფარიანი ელექტროდით შედუღებისას და დადუღებისას უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ლითონის დანაკარგი გაშეფვასა და ამოწვაზე, რომლის მნიშვნელობაც ზოგჯერ ღეროს 20 %-მდე იზრდება.

გაშეფვის ძირითად მიზეზებს წარმოადგენს: შედუღების პროცესის არასტაბილურობა; ქიმიური რეაქციების შედეგად გამდნარი ლითონიდან აირების ფეთქებადი სახით გამოყოფა; ელექტროდიდან ლითონის წვეთის გადატანის არასტაბილური ხა-

სიათი, როცა წვეთის მომწვევეტი ძალა მიმართულია აბაზანის მიღმა და წვეთი გადაისროლება მის გარეთ.

დანაფარიანი ელექტროდით შედულებისას და დადულებისას დანაკარგი გაშხეფვასა და ამოწვაზე გამოვიკვლიეთ შესაბამისად [5]. ორივე სახის ელექტროდზე გაშხეფვისა და ამოწვის დამოკიდებულება შედულების დენზე მოცემულია სურ. 3.



სურ. 3. გაშხეფვისა და ამოწვის დამოკიდებულება შედულების დენზე:

- 1 – დანაფარიანი ელექტროდი, რომლის საშემდულებლო მათულად გამოყენებულია შენადნობი Ni-80%, Cr-20%.
- 2 – დანაფარიანი ელექტროდი, რომლის საშემდულებლო მათულად გამოყენებულია CB-08(ГОСТ 2246 70).

სტანდარტის (ГОСТ 2246 70) შესაბამისად მოვახდინეთ ტესტური შეერთებისას კუთხური ნაკერის დადულება და განვახორციელეთ დადულების ზოლი (სურ. 4 და 5 პირველი სახის ელექტროდით).



სურ. 4. ტესტური შეერთების ნიმუში პირველი სახის ელექტროდით



სურ. 5. დადულების ნიმუში პირველი სახის ელექტროდით

სურათებზე 6 და 7 შესაბამისად წარმოდგენილია კუთხური ნაკერებისა და დანადულების განივკვეთების მიკროსხეხები მეორე სახის ელექტროდებით.



სურ. 6. მეორე სახის ელექტროდით შედუღებული ტესტური შეერთების კუთხური ნაკერების მიკროსახე



სურ. 7. მეორე სახის ელექტროდით დანადგულს მიკროსახე

ამრიგად, ორივე სახის ახალი ცვეთამედეგი დასადუღებელი ელექტროდების ტექნოლოგიური მახასიათებლები აკმაყოფილებენ სტანდარტით წაყენებულ მოთხოვნებს და ხასიათდებიან კარგი ტექნოლოგიური მახასიათებლებით: ორივე სახის ახალი ელექტროდების გაუმდნარი დანაფარისაგან მიღებული მილისებური გამონაშვები დენგამტარია. აქედან გამომდინარე მეორადი ანთება საიმედოა; გაშხეფვაზე და ამოწვაზე დანაკარგები დასაშვებ ზღვრებშია; დანადგულში არ შეიმჩნევა ბზარები, ფორები და შეუღლებელი ზონები.

#### ლიტერატურა

1. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия, ГОСТ 9466-75, МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ.
2. Makarov S.V., Sapozhkov S.B. Use of Complex Nanopowder ( $Al_2O_3$ , Si, Ni, Ti, W) in Production of Electrodes for Manual Arc Welding. //World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies); 2013, pp. 87-90.
3. Макаров С.В. Термическая обработка сварочных электродов. //Технические науки – от теории к практике: материалы XII Международной заочной научно-практической конференции: Новосибирск: Изд-во Сибирская ассоциация консультантов, 2012, сс. 44-50.
4. [http://www.spetselectrode.ru/download/stat37\\_1.htm](http://www.spetselectrode.ru/download/stat37_1.htm)– Эволюция производства сварочных электродов
5. ხუციშვილი მ.გ., სულამანიძე ა.კ., დადიანიძე გ.ა., ნიკოლავა ო.ი. ხელით რკალური შედუღების ახალი საელექტროდო დანაფარიანი ელექტროდის ზოგიერთი ტექნოლოგიური მახასიათებელი. // საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2014, №4, გვ. 39-43.
6. Способ исследования покрытых электродов: пат. Рос. Федерация / И.Ю. Летыгин, В.Я. Беленкий, В.М. Язовских, В.И. Шумяков. - № 2366549; заявл. 12.11.07; опубл. 10.09.09. бюл. №25, 5 с.

#### SUMMARY

#### TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NEW WEAR-RESISTANT OVERLAYING ELECTRODES

**Khutsishvili M.G., Dadianidze G.A., Salaridze B.R. and Abdushelishvili I.T.**  
Georgian Technical University

At the coating of new wear-resistant overlaying electrodes, in which the alloy: Ni – 80%, Cr – 20%, and C<sub>B</sub>-08 (GOST 224670) is used as the welding cable, the chromium carbide – Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> is introduced differently. Technological characteristics satisfy the standard requirements and are characterized by good technological parameters: the sleeve horn, obtained from unmolten coating of new electrodes of both type, is current-conducting. Hence, the secondary firing is reliable: the losses on spraying and burning are in permissible range: there are no cracks, pores and unwelded zones in the overlaying welding.

**Keywords:** welding, coated electrode, wear-resistant, welding on.

სამშენებლო საქტორში შრომის უსაფრთხოება  
კოვიდ 19-ის პანდემიის პირობებში (აშშ)

ბერაძე ლ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ინდუსტრია, ისევე როგორც ყველა სხვა ბიზნესი, პანდემიის პერიოდში ცუდ მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ვინაიდან ეს არის ბიზნესი, რომელიც წარმოადგენს ერთ-ერთ მსხვილ დამსაქმებელსაც და ამავედროულად ქვეყნების ბიუჯეტის მსხვილ დამფინანსებელსაც, განვითარებული ქვეყნები ცდილობდნენ შეემუშავებინათ ისეთი შრომის პირობები, რომელთა მეშვეობით დაიცავდნენ უსაფრთხოებასაც და ამავედროულად, განაგრძობდნენ მუშაობას.

კორონა ვირუსის გავრცელების ძირითად გზად განისაზღვრა ხველება, ცემინება, პირდაპირი კონტაქტი და ა.შ. ამ ფაქტორებიდან გამომდინარე, ამერიკის შეერთებული შტატების დაავადებათა ეროვნული ცენტრის მიერ მოხდა გაიდლაინების ჩამოყალიბება, სადაც მთავარ პუნქტად არის გაწერილი მომუშავეებს შორის დისტანციის დაცვა, მინიმუმ 6 ფუტი.

ამერიკის შეერთებული შტატების გარდა, გაიდლაინები გამოაქვეყნეს შრომის საერთაშორისო ორგანიზაციამ, ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ და შრომის ევროკავშირის ორგანიზაციამ, ასევე ამერიკული ინდუსტრიების ჰიგიენის ასოციაციამ [1].

ამერიკის შეერთებული შტატების დაავადებათა კონტროლის ეროვნული ცენტრის მიერ გამოქვეყნებულ გაიდლაინებში ძირითადი ყურადღება ეთმობა შემდეგ მნიშვნელოვან საკითხებს [2]:

- მომუშავეები ვინც თავს გრძნობს შეუძლოდ, ან რაიმე სიმპტომი აღმოაჩნდება, უნდა დარჩეს სახლში;
- მომუშავეები, ვინც თვითონ კარგად გრძნობს თავს, მაგრამ ჰყავთ ავადმყოფი ოჯახის წევრები, უნდა დაემორჩილონ CDC-ის მოთხოვნებს;
- მომუშავეებს უნდა ჰქონდეთ მინიმალური კონტაქტი სხვა ადამიანებთან;
- მომუშავეებმა მუშაობის პროცესში უნდა დაიცვან დისტანცია, მინიმუმ 6 ფუტი;
- რეგულარულად უნდა მოხდეს იმ ნივთების დეზინფექცია, რომლებიც არის საერთო მოხმარების და სხვადასხვა მომუშავეები ეხებიან;
- თითოეულ მომუშავეს უნდა ჰქონდეს ინდივიდუალური მოხმარების ნივთები;
- მომუშავეებმა რაც შეიძლება ხშირად უნდა დაიბანონ ხელი;
- მომუშავეებისთვის ცნობილი უნდა იყოს კოვიდ 19-ის სიმპტომები, რათა შეძლონ დაუყოვნებლივ მიმართონ სამედიცინო დახმარებას;
- ხელის დეზინფექცია უნდა მოხდეს ხსნარის მეშვეობით, რომელიც შეიცავს მინიმუმ 60% ალკოჰოლს;
- დამსაქმებელმა მომუშავეები უნდა უზრუნველყონ სპეციალური ნიღბებითა და ფარებით, რომელთა შეცვლაც შეეძლება რეგულარულად.

ამერიკის შეერთებული შტატების ინდუსტრიათა ჰიგიენის ასოციაციამ გამოაქვეყნა გაიდლაინები კოვიდ უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით [2]:

- დამსაქმებელმა უნდა შეიმუშაოს კოვიდ უსაფრთხოების გეგმა თითოეული ობიექტისთვის ინდივიდუალურად;
- დამსაქმებელმა უნდა წარადგინოს შესაბამის სტრუქტურაში კოვიდ უსაფრთხოების გეგმა, სადაც დეტალურად იქნება გაწერილი, როგორ მოხდება სოციალური დისტანციის კონტროლი, როგორ მოხდება ჰიგიენური საკითხების მენეჯმენტი და დეზინფექცირება.

ამერიკის შეერთებული შტატების შრომის უსაფრთხოების ორგანიზაციის მიერ გამოქვეყნდა პუბლიკაცია, რის მიხედვითაც, ის სამუშაო ადგილებს კოვიდ უსაფრთხოების თვალსაზრისით ჰყოფს, როგორც დაბალი რისკი, საშუალო და მაღალი

რისკის სამუშაოები. სამშენებლო ბიზნესი მიკუთვნებულ იქნა საშუალო და დაბალი რისკის ინდუსტრიად, სადაც გარკვეული სამუშაოები მოიაზრება მაღალი რისკის ქვეშ.

შრომის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ გამოქვეყნდა წესები და რეგულაციები, რომლებიც უნდა დაიცვან სამშენებლო სექტორში მომუშავეებმა და დამსაქმებლებმა. ორგანიზაციის მიერ განისაზღვრა, რომ თითოეულ მომუშავეს უნდა გააჩნდეს თავისი ქუდი, ხელთათმანები და ნიღაბი, რომლებიც იქნება ინდივიდუალური გამოყენების.

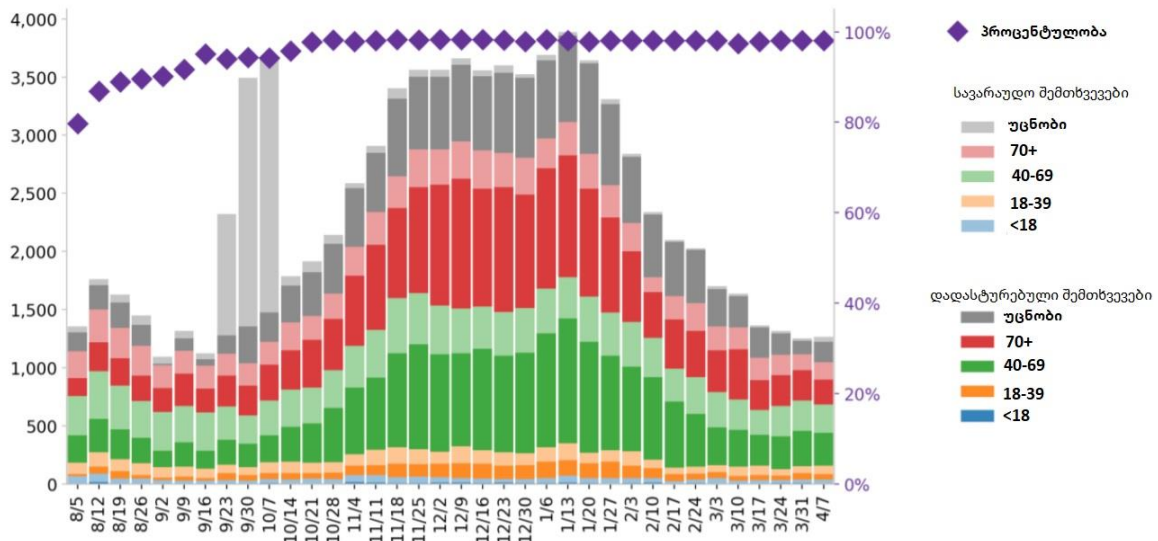
იქ სადაც საშუალოა ვირუსის გადადების რისკი და მომუშავეებს მეტად უწევთ კონტაქტი, აუცილებლად უნდა მოხდეს თვალებისა და სახის დაცვა. მომუშავეებმა უნდა ატარონ ფარი და აუცილებლად შეინარჩუნონ დისტანცია 6 ფუტი და მეტი. ვინაიდან აუცილებელი მოთხოვნაა დისტანციის შენარჩუნება, ორგანიზაცია დამსაქმებლებს ურჩევს, შეიძინონ რაცეები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელი იქნება მითითებების მიცემა დასაქმებულთათვის.

ამერიკის შეერთებული შტატების ორგანიზაციების მიერ გამოქვეყნებული ძირითადი გაიდლაინების გარდა, სხვადასხვა შტატის მთავრობამ შემოიღო განსხვავებული რეგულაციები. ეს კი განპირობებული იყო იმ ფაქტორით, რომ სხვადასხვა შტატში განსხვავებული იყო კოვიდ გავრცელების დონე.

კენტუკის შტატში ადგილობრივმა მთავრობამ მიიღო გადაწყვეტილება, რომ სამშენებლო ინდუსტრია არ დაეკეტათ და გაეგრძელებინათ მუშაობა. მათ მიიღეს გადაწყვეტილება, რომ კომპანიებს უნდა დაეკმაყოფილებინათ CDC-ის მიერ გამოქვეყნებული ყველა მოთხოვნა. განსაკუთრებული მოთხოვნა იყო სოციალურ დისტანციასა და დეზინფექციაზე. ასევე მოთხოვნა იყო, გაეზომათ თითოეული მომუშავის ტემპერატურა და შეემოწმებინათ მისი ჯანმრთელობის მდგომარეობა ყოველდღიურად[4].

კენტუკის შტატის მთავრობამ გამოაქვეყნა დამატებითი მოთხოვნები სამშენებლო ბიზნესისთვის. ეს მოთხოვნები მოიცავს, მომუშავეების ტრეინინგს, შეასრულონ თითოეული რეგულაცია. ამასთანავე, მომუშავეების ტრანსპორტირება არ უნდა მოხდეს ერთი მანქანით. ადგილობრივმა მთავრობამ აკრძალა შეკრებები, თუნდაც სამუშაოსთან დაკავშირებით.

102 საავადმყოფოს მონაცემი კენტუკიში



დიაგრამა 1. საავადმყოფოების მონაცემი მომართვიანობასთან დაკავშირებით, კენტუკის შტატი  
 წყარო: <https://healthdata.gov/Community/COVID-19-State-Profile-Report-Kentucky/rxgn-k38p>

როგორც ვხედავთ, კენტუკის შტატში მოსახლეობის მომართვიანობა ვირუსთან დაკავშირებით თითქმის 100%-ს აღწევს. ასეთი აქტივობა კი იმის მანიშნებელია, რომ რეგულაციები უნდა გამკაცრდეს, რაც გააკეთა კიდევ შტატის მთავრობამ.

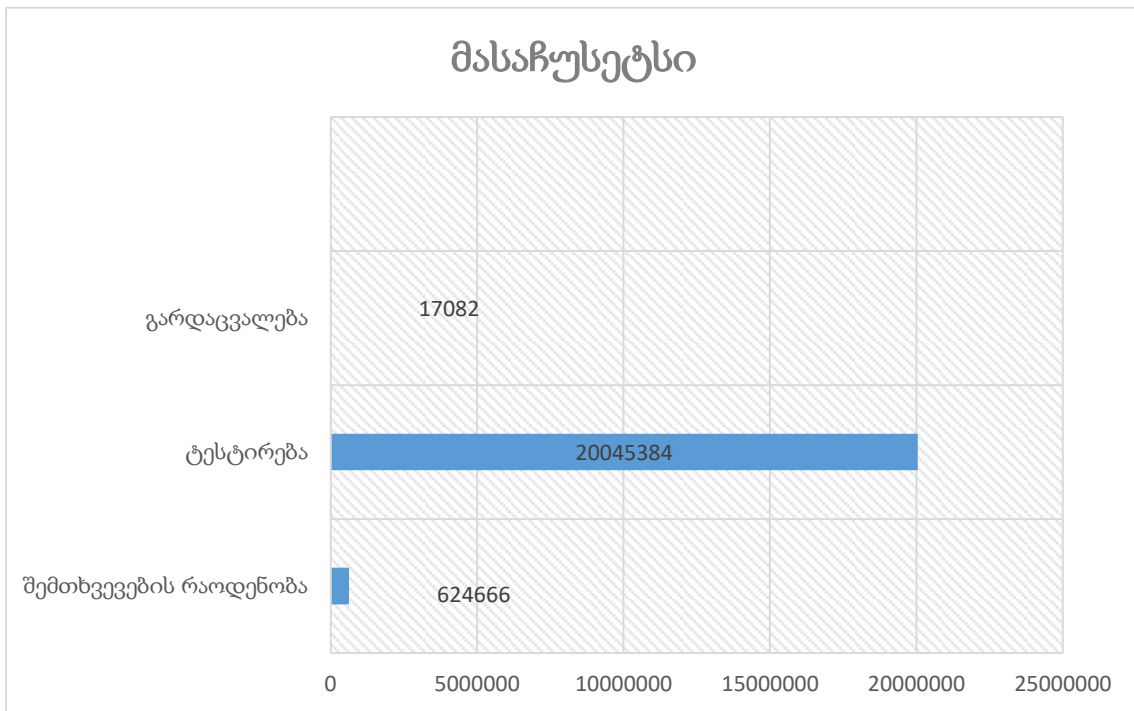
პენსილვანიის შტატში იმდენად დიდი იყო პანდემიის გავრცელების დონე, რომ სამშენებლო სექტორიც კი გაჩერებული იყო 2020 წლის 19 მარტიდან 1 მაისამდე.

ადგილობრივმა მთავრობამ შტატის სამდივნოსთან ერთად მიიღო გადაწყვეტილება, რომ სამშენებლო სექტორში დასაქმებულთათვის სავალდებულო გაეხადა მუშაობის პროცესში ნიღბის ტარება, მაშინაც კი როდესაც დისტანცია 6 ფუტზე მეტია [4].

გაიდლაინების მიხედვით განისაზღვრა, მომუშავეთა კონკრეტული რაოდენობა, რომელზე მეტიც არ შეიძლება დაშვებულ იქნას სამუშაო ადგილზე. აქედან გამომდინარე, დამსაქმებლებს მოუწიათ დაეწესებინათ მორიგეობითი სამუშაო დღეები.

ოჰაიოს შტატში ადგილობრივმა მთავრობამ დამატებითი რეგულაციები შემოიღო, მანუფაქტურის, მიწოდებისა და მშენებლობის ბიზნესისთვის. ოჰაიოს შტატის გაიდლაინებიც ძალიან ჰგავს კენტუკისა და პენსილვანიის შტატების შეზღუდვებს, თუმცა ნაკლებად დეტალურია. მოთხოვნის მიხედვით, მომუშავეები ვალდებული არიან თავიანთი ტემპერატურა აღრიცხონ ყოველ დღე, სპეციალურად განკუთვნილ ცხრილში.

მასაჩუსეტსის შტატში ადგილობრივმა მთავრობამ დროებით შეაჩერა მშენებლობები, ამასთანავე გაჩერდა სამშენებლო ნებართვების განხილვა და ნებართვების გაცემა. ამ დროს ქალაქ ბოსტონის მთავრობამ მიიღო გადაწყვეტილება 18 მაისიდან განეახლებინათ მშენებლობები და ამასთანავე, გაეცათ სამშენებლო ნებართვებიც. მთავრობის მიერ გამოიცა გაიდლაინი, რომლის მიხედვითაც კონტრაქტორს უნდა აეღო სერთიფიკატი, რომ ის აკმაყოფილებს კოვიდ 19-ის უსაფრთხოების წესებს. ამასთანავე, სამშენებლო კომპანიები წარადგენდნენ უსაფრთხოების გეგმას, როგორც მთლიანად კომპანიისთვის, ასევე ცალკეული პროექტებისთვის [4].



დიაგრამა 2. კოვიდ სტატისტიკა მასაჩუსეტსის შტატში  
 წყარო: <https://www.mass.gov/info-details/covid-19-response-reporting>

მასაჩუსეტსი წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე პატარა შტატს ამერიკის შეერთებულ შტატებში, თუმცა ამ ფონზე ძალიან დიდი იყო შემთხვევათა რაოდენობა 624 666 პანდემიის დაწყებიდან დღემდე. მათ შორის გარდაიცვალა 17 ათას ადამიანზე მეტი. ეს სტატისტიკა გახდა საფუძველი შტატის მთავრობისთვის, შეეჩერებინათ სამშენებლო სამუშაოები. ამ მონაცემებით, ყოველ 100 000 კაცზე სიკვდილიანობის მიხედვით, შტატმა გაუსწრო ნიუ-იორკსა და კალიფორნიასაც კი.



კალიფორნიაში კალიფორნიის შრომის უსაფრთხოების ორგანიზაციამ დაადგინა დამატებითი რეგულაციები. სამშენებლო კომპანიებს კი მხოლოდ მას შემდეგ შეუძლიათ ფუნქციონირების გაგრძელება, რაც დააკმაყოფილებენ სამშენებლო უსაფრთხოების ძირითად პროტოკოლს [3].

ამერიკის შეერთებული შტატებისთვის ძალზედ მძიმე შედეგების მომტანი აღმოჩნდა კოვიდ პანდემია. ვირუსმა იმსხვერპლა ძალიან ბევრი ადამიანის სიცოცხლე, ამასთანავე გამოიწვია დიდი ეკონომიკური ზარალი, რაც განპირობებული იყო ეკონომიკური საქმიანობის შეჩერებით. ამ მძიმე ფაქტორების შემსუბუქების მიზნით, როგორც ცენტრალურმა მთავრობამ, ასევე ადგილობრივმა მთავრობებმა შეიმუშავეს გაიდლაინები ვირუსის გავრცელების თავიდან არიდების მიზნით.

#### ლიტერატურა

1. Shari Franklin Smith “Tips for working safely in construction during the Covid 19 pandemic” 1.12.20 <https://ohsonline.com/articles/2020/12/01/tips-for-working-safely-in-construction-during-the-covid-19-pandemic.aspx>
2. Construction Workers 26.03.2021 <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/organizations/construction-workers.html>
3. Order of the health officer No C19-07c “Large Construction Project Safety Protocol” <https://sf.gov/sites/default/files/2020-05/Large-Construction-Safety-Protocol.pdf>
4. Laura Bourgeois Lobue, Jose Lua-Valencia “Safety Measures for construction projects during the COVID-19 Pandemic” 21.05.20 <https://www.pillsburylaw.com/en/news-and-insights/safety-construction-projects-covid-19.html>
5. <https://healthdata.gov/Community/COVID-19-State-Profile-Report-Kentucky/rxgn-k38p>
6. <https://www.mass.gov/info-details/covid-19-response-reporting>

#### SUMMARY

#### LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION SECTOR IN THE CONDITIONS OF PANDEMIA OF COVID-19 (USA)

**Beradze L.G.**

**Georgian Technical University**

Corona pandemia has horrible results for all countries all over the world. There were some countries in which Covid -19 has stopped economic functioning at all. The USA was the country to which economic damage is huge and it still continuing. For the reason the central government has established guidelines for different business industries to avoid spreading the virus. Construction business is essential for economy, therefore the central government and states local governments gave permission to the construction companies to continue operating. For avoid spreading the virus, local governments made guidelines stricter.

**Keywords:** construction, regulations, Covid-19, pandemia, the USA, government.

ეპროაუმი ოფციონის ფასდადების მოდელირება

მახაშვილი ქ.ა., რაზმაძე ნ.გ., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

I. სამყაროში ყველაფერი იცვლება სივრცესა და დროში. ეს ცვლილებები, როგორც წესი, შემთხვევით ხასიათს ატარებს. მაგალითისთვის შეიძლება დავასახელოთ კარგად ცნობილი ბროუნის მოძრაობა, ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური, სამედიცინო, ფსიქოლოგიური და სხვა სახის ცდების შედეგები, ნებისმიერი ეკონომიკური მაჩვენებელი, ფინანსური ნაკადების მახასიათებლები და უამრავი სხვა ცვლადი სიდიდე. საინტერესოა შევნიშნოთ, რომ შემთხვევითი ხასიათის ცვლადი სიდიდის (შემთხვევითი სიდიდის) ცხადი ანალიზური წარმოდგენა ფუნქციის სახით არ შეგვიძლია, რადგან შეუძლებელია ცალსახად წინასწარ განვსაზღვროთ, თუ რა მნიშვნელობას მიიღებს ცდის შედეგად ასეთი ცვლადი სიდიდე. ამიტომ ამ ცვლადების ყოფაქცევის ანუ ბუნებაში მიმდინარე შემთხვევითი პროცესების შესწავლა და ანალიზი არსებითად ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებით ხდება, რომლის საგანი სწორედ ამ პროცესების მათემატიკური ანალიზია. ასეთი მიდგომა დღეს გამოიყენება მეცნიერული კვლევისა და პრაქტიკული საქმიანობის თითქმის ყველა სფეროში.

II. კარგადაა ცნობილი, რომ თანამედროვე საბაზრო ეკონომიკაში ცენტრალური ადგილი ფულად-საკრედიტო პოლიტიკას უკავია. ამ პოლიტიკის მართვისა და კონტროლის ძირითადი ინსტრუმენტი ფინანსურ ბაზრებზე ფასიანი ქაღალდებით, მაგალითად, ობლიგაციებით, აქციებით ოპერაციებია. ეს ოპერაციები შეიცავს გარკვეულ რისკებს და საჭიროა ამ რისკების შესწავლა და ანალიზი. თავის მხრივ, ეს საკითხები მიეკუთვნება ფინანსების თეორიას, რომლის მათემატიკურ პრობლემატიკას იკვლევს ბოლო ათწლეულებში ინტენსიურად განვითარებადი სტოქასტური ფინანსური მათემატიკა. შევნიშნავთ, რომ ასევე გარკვეულ რისკებთან არის დაკავშირებული სადაზღვევო საქმე, რომლის მათემატიკურ პრობლემატიკას შეისწავლის სადაზღვევო (აქტუარული) მათემატიკა. შევნიშნავთ აგრეთვე, რომ ფულად-საკრედიტო პოლიტიკის მართვაში არსებითი მნიშვნელობა აქვს საბანკო (საფინანსო) და სადაზღვევო ინსტიტუტების ერთობლივ საქმიანობას.

ფინანსური ბაზრების სტრუქტურა საკმაოდ რთული ბუნებისაა და მისი ანალიზი დაკავშირებულია საინტერესო და მეტად რთულ მათემატიკურ ამოცანებთან. ასეთი ამოცანებია, მაგალითად, ფინანსური ბაზრების დროში დისკრეტული და უწყვეტი მოდულების აგება და მასში შემავალი პარამეტრების სტატისტიკური შეფასება, აქციებისა და სხვა აქტივების ყიდვა-გაყიდვის კონტრაქტების (მაგალითად, ოფციონის, ფორვარდის, ფიუჩერის) სამართლიანი ფასის დადგენა, ინვესტორის ოპტიმალური სტრატეგიის აგება, საინვესტიციო პრობლემა, არბიტრაჟი და მრავალი სხვა. ამ ამოცანების გადაწყვეტა სწორედ ალბათურ-სტატისტიკური (სტოქასტური ანალიზის) მეთოდების გამოყენებით ხდება.

ფინანსური მათემატიკა ორი ძირითადი მიმართულებისგან შედგება: პირველი ეს არის დეტერმინისტული ანუ კლასიკური ფინანსური მათემატიკა, ხოლო მეორე - სტოქასტური ფინანსური მათემატიკა. ფინანსური პროცესების აღმწერ დეტერმინისტულ მათემატიკურ მოდულებში იგულისხმება დროში ცვალებადი ფინანსური ნაკადების მახასიათებლების მომავალში მნიშვნელობების სრული განსაზღვრულობა. სხვანაირად რომ ვთქვათ, გვაქვს ფინანსური ოპერაციების აღმწერი ფორმულები და დროის  $n=0$  მომენტში საწყისი მონაცემების საფუძველზე მომავალში დროის ნებისმიერი  $n$  მომენტისათვის შეგვიძლია გამოვთვალოთ საჭირო მახასიათებლები. მარტივი და რთული პროცენტების გამოყენებით ასეთი გამოთვლები დაკავშირებულია, მაგალითად, ვექსელებთან, ობლიგაციებთან, დეპოზიტურ სერტიფიკატებთან და სხვა სავალდებულო ფინანსურ ინსტრუმენტებთან, აგრეთვე ფინანსურ მენეჯმენტთან და სხვა.

რეალურ ფინანსურ ოპერაციებს, როგორც წესი, თან ახლავს გარკვეული რისკი და განუსაზღვრელობა, რომელიც ამ ოპერაციების მახასიათებლებზე უამრავი

შემთხვევითი ფაქტორის (მაგალითად, ინფლაციის, ეკონომიკური კრიზისის, ბუნებრივი კატასტროფების) ზეგავლენით არის გამოწვეული. ამ შემთხვევაში მახასიათებლების დროში მომავალი მნიშვნელობების ცალსახად განსაზღვრა შეუძლებელია. სწორედ ამ შემთხვევითი ფაქტორების გათვალისწინებით ხდება ფინანსური ნაკადების მახასიათებლების შესწავლა და ანალიზი ფინანსური პროცესების აღმწერ სტოქასტურ მათემატიკურ მოდელებში.

ნაშრომში განხილულია ფინანსური ბაზრის და ფასიანი ქაღალდების პრობლემატიკა. სიმარტივისათვის მოტანილია მხოლოდ ორ აქტივიანი ფინანსური ბაზრის შემთხვევა და გადაწყვეტილია ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონის ფასდადების ორ ნაბიჯიანი ამოცანა. შევნიშნავთ, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილია ნაშრომში განხილული საკითხების ანალოგიური საკითხები მრავალ აქტივიანი ფინანსური ბაზრის შემთხვევაში [1-4].

ნაშრომში მოტანილი შედეგები შეიძლება განზოგადდეს მრავალაქტივიანი ფინანსური ბინომური ბაზრის შემთხვევაში.

**III. ფინანსური (B, S) – ბაზრის ბინომური მოდელი. ზოგადი დებულებები**

განვიხილოთ ფინანსური (B, S) – ბაზრის კოქსის, როსის და რუბინშტეინის (კრრ) ბინომური

$$B_n = (1+r)B_{n-1}, B_0 > 0 \tag{1}$$

$$S_n = (1+\rho_n)S_{n-1}, S_0 > 0 \tag{2}$$

მოდელი, სადაც  $B=(B_n)$  ობლიგაციაა (საბანკო ანგარიში),  $S=(S_n)$  აქციაა,  $n= 0,1, \dots, N$ . საპროცენტო განაკვეთი  $r > 0$  მუდმივია, ხოლო  $\rho_n$  დამოუკიდებელ და ერთნაირად განაწილებულ შემთხვევით სიდიდეთა მიმდევრობაა. ამასთან

$$(\rho_n = b) = p, P(\rho_n = a) = 1 - p = q$$

$$-1 < a < r < b$$

შევნიშნოთ, რომ (1) და (2) მოდელი ანუ  $(B, S) = (B_n, S_n), n= 0,1, \dots, N$ . ფინანსური ბაზრის ბინომური მოდელი შეიძლება ასეც ჩაიწეროს.

$$\Delta B_n = rB_{n-1} \tag{3}$$

$$\Delta S_n = \rho_n S_{n-1} \tag{4}$$

როგორც ვიცით, ევროპული ტიპის ოფციონის ფასდადების ამოცანა  $f = f_n$  გადახდის ფუნქციით მდგომარეობს შემდეგში:

ოფციონის  $C_N$  სამართლიანი ფასის დადგენა;

მინიმალური  $\pi_n^*$  ჰეჯის აგება;

მინიმალური ჰეჯის შესაბამისი  $X_n^{\pi^*}$  კაპიტალის პროცესის განსაზღვრა.

ცხადია, მინიმალური ჰეჯისთვის უნდა სრულდებოდეს ტოლობა.

$$X_n^{\pi^*} = \beta_N^* B_N + \gamma_N^* S_N = f(S_N)$$

სამართლიანია შემდეგი ზოგადი დებულებები

**თეორემა 1.** ვთქვათ, ვიხილავთ (1), (2) მოდელს და ევროპული ტიპის ოფციონის გადახდის  $f = f_N = f_N(S_0, S_1, \dots, S_N)$  ფუნქციას. მაშინ

- ოფციონის სამართლიანი ფასია

$$C_N = E^*(1+r)^{-N} \cdot f_N$$

სადაც  $E^*$  არის ზომით გასაშუალოება.

$$p^* = P^*(\rho_n = b) = \frac{r-a}{b-a} \tag{5}$$

- არსებობს თვითდაფინანსებადი მინიმალური  $\pi_n^* = (\beta_n^*, \gamma_n^*)$  ჰეჯი, რომლის კომპონენტებია:

$$\beta_n^* = \frac{X_{n-1}^{\pi^*} - \gamma_n^* S_{n-1}}{B_{n-1}},$$

$$\gamma_n^* = \frac{a_n^* B_n}{S_{n-1}}$$

სადაც  $a_k^*$  არის  $F_{k-1}$  -ზომადი ფუნქციები.

მინიმალური  $\pi_n^* = (\beta_n^*, \gamma_n^*)$  ჰეჯის შესაბამისი კაპიტალი

$$X_n^{\pi^*} = E^* \left( (1+r)^{-(N-n)} \cdot f_n | F_n \right)$$

**თეორემა 2.** ვთქვათ, ფინანსური  $(B, S)$ -ბაზარზე განიხილება ევროპული ტიპის ოფციონი  $f_N = f(S_N)$  გადახდის ფუნქციით. მაშინ სამართლიანია შემდეგი დებულებები:

- ოფციონის სამართლიანი ფასია

$$C_N = C(f_N) = (1+r)^{-N} \cdot F_N(S_0; p^*)$$

სადაც  $p^*$  განისაზღვრება (5) ტოლობით, ხოლო

$$F_n(x; p) = \sum_{k=1}^n f(x(1+b)^k (1+a)^{n-k}) C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \quad (6)$$

- მინიმალური  $\pi^* = (\beta, \gamma^*)$  ჰეჯის შესაბამისი კაპიტალის ევოლუცია მოიცემა ფორმულით.

$$X_n^{\pi^*} = (1+r)^{-(N-n)} \cdot F_{N-n}(S_0; p^*)$$

არსებობს მინიმალური  $\pi^* = (\beta, \gamma^*)$  ჰეჯი, რომლის კომპონენტები განისაზღვრება ფორმულებით.

$$\beta_n^* = \frac{X_{n-1}^{\pi^*} - \gamma^* S_{n-1}}{B_{n-1}}$$

$$\gamma_n^* = (1+r)^{-(N-n)} \frac{F_{N-n}(S_{n-1}(1+b); p^*) - F_{N-n}(S_{n-1}(1+a); p^*)}{S_{n-1}(b-a)}$$

#### IV. კოქსის, როსის და რუბინშტეინის ფორმულა

განვიხილოთ (კრრ) მოდელი (1), (2) და ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონი გადახდის ფუნქციით,

$$f_n = f(S_N) = (S_N - K)^+ \quad (7)$$

სადაც  $(x)^+ = \max(x; 0)$  ხოლო,  $K > 0$  შეთანხმების (საკონტრაქტო) ფასია, ანუ ემიტენტი ვალდებულია ოფციონის მფლობელს მიჰყიდოს აქცია  $K$  ფასად დროს  $N$  მომენტში.

(კრრ) მოდელში კოქსის, როსის და რუბინშტეინის მიერ მიღებულია გადახდის (7) ფუნქციის შემთხვევაში ევროპული ტიპის ოფციონის სამართლიანი ფასის ფორმულა. ეს ფორმულა შედგება მხოლოდ მოდელის საწყისი  $B_0, S_0, r, a, b, p^*$  და  $K$  პარამეტრებისგან.

**თეორემა 3.** (კრრ) მოდელში ევროპული ტიპის ყიდვის სტანდარტული ოფციონის სამართლიანი ფასი გადახდის (7) ფუნქციით მოიცემა ფორმულით,

$$C_N = (1+r)^{-N} F_N(S_0; p^*) = S_0 \sum_{k=k_0}^N (p^*)^k (1-p^*)^{N-k} \left( \frac{1+a}{1+r} \right)^N \left( \frac{1+b}{1+a} \right)^k - K(1+r)^{-N} \sum_{k=k_0}^N C_N^k (p^*)^k (1-p^*)^{N-k} \quad (8)$$

სადაც  $k_0 = k_0(a, b, S_0, K)$  უმცირესი მთელი რიცხვია, რომლისთვისაც სრულდება უტოლობა.

$$S_0(1+a)^N \left( \frac{a+b}{1+a} \right)^{k_0} > K$$

**დამტკიცება:** გადახდის (7) ფუნქციის შემთხვევაში გვექნება

$$F_N(S_0; p^*) = \sum_{k=0}^N C_N^k (p^*)^k (1-p^*)^{N-k} \max\left(0, S_0(1+a)^N \left(\frac{1+b}{1+a}\right)^k - K\right) \quad (9)$$

შევნიშნოთ, რომ თუ  $k_0 > N$ , მაშინ  $F_N(S_0; p) = 0$  და ამ შემთხვევაში სამართლიანი ფასია  $C_N = 0$ . თუ  $k_0 \leq N$ , მაშინ (9)-დან ადვილად მივიღებთ დასამტკიცებელ (8) ფორმულას.

**V. ყიდვა-გაყიდვის პარიტეტის ფორმულა**

ახლა განვიხილოთ ევროპული ტიპის გაყიდვის სტანდარტული ოფციონი გადახდის ფუნქციით.

$$f_N = f(S_N) = (K - S_N)^+ \quad (10)$$

ამ შემთხვევაში ოფციონის სამართლიანი  $P_N$  ფასი შეიძლება ვიპოვოთ (8) ფორმულის გამოყენებით.  $P_N$ -ის ფორმულას ყიდვა-გაყიდვის პარიტეტის ფორმულა ეწოდება. სამართლიანია თეორემა 3-ის

**შედეგი 1.** ევროპული ტიპის გაყიდვის სტანდარტული ოფციონის სამართლიანი  $P_N$  ფასი გადახდის (10) ფუნქციით გამოითვლება ფორმულით.

$$P_N = C_N - S_0 + K(1+r)^{-N} \quad (11)$$

დამტკიცება: გვაქვს

$$\max(0, K - S_N) = \max(S_N - K, 0) - S_N + K.$$

ამიტომ

$$P_N = E^*(1+r)^{-N} \max(0, K - S_N) = C_N - E^*(1+r)^{-N} S_N + K(1+r)^{-N}$$

ახლა, თუ შევნიშნავთ რომ  $E^* S_N = (1+r)^{-N} S$  მაშინ მივიღებთ დასამტკიცებელ (11) ფორმულას.

**VI. მოპასუხე პორტფელის პრინციპი. მინიმალური ჰეჯი**

მინიმალური ჰეჯის ასაგებად გამოიყენება ე.წ. მოპასუხე პორტფელის პრინციპი, რომელიც შედეგში მდგომარეობს: ვთქვათ, დროის  $n$  მომენტში ინვესტორის  $(\beta_n, \gamma_n)$  პორტფელის შესაბამისი კაპიტალია

$$X_n^\pi = \beta_n B_n + \gamma_n S_n$$

საჭიროა ავაგოთ ისეთი  $\pi_{n+1} = (\beta_{n+1}, \gamma_{n+1})$  პორტფელი, რომ დროის  $n$  მომენტში მისი შესაბამისი კაპიტალი

$$X_n^\pi = \beta_{n+1} B_n + \gamma_{n+1} S_n \quad (12)$$

დროის  $(n+1)$  მომენტში ტოლი უნდა იყოს

$$X_{n+1}^\pi = \beta_{n+1} B_{n+1} + \gamma_{n+1} S_{n+1} = f(S_{n+1}) \quad (13)$$

სიდიდის, სადაც  $f = f(S_n)$  გადახდის რაიმე ფუნქციაა,  $n=0,1,\dots,N$ . (1), (2) მოდელის შემთხვევაში უცნობი  $\beta_{n+1}$  და  $\gamma_{n+1}$  პარამეტრებისათვის (13) ტოლობიდან მივიღებთ ორუცნობიან წრფივ განტოლებათა

$$\beta_{n+1}(1+r)B_{n+1} + \gamma_{n+1}(1+b)S_{n+1} = f((1+b)S_n)$$

სისტემას, რომლის  $\beta_{n+1}^*$  და  $\gamma_{n+1}^*$  ამონახსნი მოიცემა

$$\beta_{n+1}^* = \frac{(1+b)f((1+a)S_n) - (1-a)f((1+b)S_n)}{(1+r)(b-a)B_n} \quad (14)$$

$$\gamma_{n+1}^* = \frac{f((1+b)S_n) - f((1+a)S_n)}{(b-a)S_n} \quad (15)$$

ფორმულებით, დროის მომენტში გვექნება  $\pi_N^* = (\beta_N^*, \gamma_N^*)$  პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი.

$$X_n^{\pi^*} = \beta_N^* B_{N+} \gamma_N^* S_N = f(S_N)$$

ამრიგად, მოპასუხე პორტფელის პრინციპით აგებული  $\pi^* = (\beta^*, \gamma^*)$  პორტფელი არის მინიმალური ჰეჯი. ადვილი შესამოწმებელია, რომ ის თვითდაფინანსებადი სტრატეგიაა.

თუ (14) და (15) სიდიდეებს შევიტანთ (12) ტოლობაში  $\beta_{n+1}$  და  $\gamma_{n+1}$  სიდიდეების მაგივრად, მაშინ ადვილად მივიღებთ  $X_N^{\pi^*}$  კაპიტალის

$$X_N^{\pi^*} = (1+r)^{-1} [p^* f((1+b)S_n) + (1-p^*) f((1+a)S_n)]$$

წარმოდგენას, სადაც მარტინგალური  $p^*$  წარმოდგენა განისაზღვრება (5) ტოლობით.

**VII. რეკურენტული ფორმულები**

აქციის ფასების, გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობებისა და ოფციონის სამართლიანი ფასის გამოთვლისთვის გამოიყენება შემდეგი რეკურენტული ტოლობები:

- ბოლო, ფინალური  $n=N$  მომენტში გვაქვს  $N+1$  მნიშვნელობა:

$$f_{N,j} = f(S_{N,j}), \quad j = 0, 1, \dots, N$$

- ბოლოს წინა  $n=N-1$  მომენტში და ა.შ.

$$C_{N-1,j} = (1+r)^{-1} [p^* f_{N,j+1} + (1-p^*) f_{N,j}], \quad j = 0, 1, \dots, N-1$$

- $n=N-k$  მომენტში და ა.შ

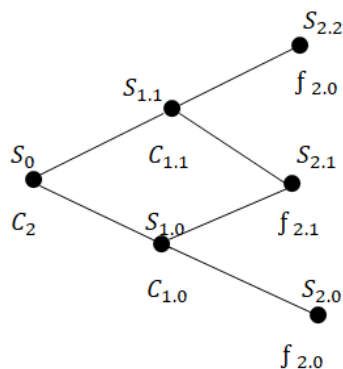
$$C_{N-k,j} = (1+r)^{-1} [p^* C_{N-k+1,j+1} + (1-p^*) C_{N-k+1,j}], \quad j = 0, 1, \dots, N-k$$

- $n=N-N=0$  მომენტში გამოითვლება ოფციონის სამართლიანი ფასი.

$$C_N = C_{0,0} = C(f_n) = (1+r)^{-1} [p^* C_{1,1} + (1-p^*) C_{1,0}] \tag{16}$$

**VIII. ბინომური ხეები**

(16) ტოლობების გამოყენებით, ხშირად, თვალსაჩინოების მიზნით, აგებენ ე.წ. ბინომურ ხეებს. მაგალითად, ოფციონის ფასდადების ორნაბიჯიან ამოცანაში ბინომურ ხეს ექნება სახე:



ორნაბიჯიანი ბინომური ხე

ნახაზზე მოყვანილია შემდეგი სიდიდეები

$$\begin{aligned} S_{2,0} &= S_0(1+a)^2, & f_{2,0} &= f(S_{2,0}) \\ S_{2,1} &= S_0(1+b)(1+a), & f_{2,1} &= f(S_{2,1}) \\ S_{2,2} &= S_0(1+b)^2, & f_{2,2} &= f(S_{2,2}) \\ S_{1,0} &= S_0(1+a), \end{aligned}$$

$$S_{1,1} = S_0(1+b),$$

$$C_{1,0} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2,1} + (1-p^*) f_{2,0}] \quad (17)$$

$$C_{1,1} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2,2} + (1-p^*) f_{2,1}] \quad (18)$$

ხოლო ოფციონის სამართლიანი ფასია

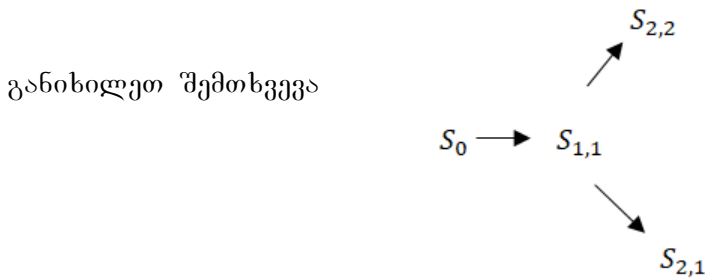
$$C_2 = C(f_2) = (1+r)^{-1} [p^* C_{1,1} + (1-p^*) C_{1,0}] \quad (19)$$

**IX. ევროპული ტიპის სტანდარტული ოფციონი.**

ბინომური (B, S) - ბაზრის საწყისი მონაცემებია:

$$B_0 = 20, r = \frac{1}{5}, S_0 = 100, a = -\frac{2}{5}, b = \frac{3}{6}, K = 100.$$

გადაწყვიტეთ ყიდვის სტანდარტული ოფციონის ორნაბიჯიანი ამოცანა და



- დროის n=2 მომენტში ბინომური ხის სამ ფინალურ (ბოლო) კვანძში აქციის შესაძლო ფასების და გადახდის ფუნქციის მნიშვნელობებისათვის გვექნება:

$$S_{2,0} = S_0(1+b)^0(1+a)^2 = 100 \left(\frac{8^0}{5}\right) \left(\frac{3^2}{5}\right) = 36$$

$$S_{2,1} = S_0(1+b)(1+a) = 100 \frac{8}{5} \cdot \frac{3}{5} = 96$$

$$S_{2,2} = S_0(1+b)^2(1+a)^0 = 100 \left(\frac{8^2}{5}\right) \left(\frac{3^0}{5}\right) = 256$$

$$f_{2,0} = f(S_{2,0}) = \max(S_{2,0} - K, 0) = \max(36 - 100, 0) = 0,$$

$$f_{2,1} = f(S_{2,1}) = \max(S_{2,1} - K, 0) = \max(96 - 100, 0) = 0,$$

$$f_{2,2} = f(S_{2,2}) = \max(S_{2,2} - K, 0) = \max(256 - 100, 0) = 156$$

დროის n=1 მომენტში შესაბამის ორ კვანძში გვექნება:

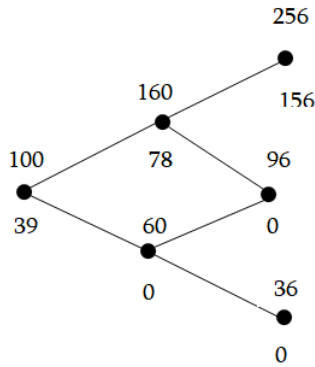
$$C_{1,0} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2,1} + (1-p^*) f_{2,2}] = \frac{5}{6} \left(\frac{3}{5} \cdot 0 + \frac{2}{5} \cdot 0\right) = 0$$

$$C_{1,1} = (1+r)^{-1} [p^* f_{2,2} + (1-p^*) f_{2,1}] = \frac{5}{6} \left(\frac{3}{5} \cdot 156 + \frac{2}{5} \cdot 0\right) = 78$$

ხოლო სამართლიანი ფასია

$$C_2 = (1+r)^{-1} [p^* C_{1,1} + (1-p^*) C_{1,0}] = \frac{5}{6} \left(\frac{3}{5} \cdot 78 + \frac{2}{5} \cdot 0\right) = 39$$

ამრიგად, ორნაბიჯიან ბინომურ ხეს ექნება შემდეგი სახე:



გვაქვს:

$$\beta_1^* = \frac{(1+b)C_{1,0} - (1+a)C_{1,1}}{(1+r)(b+a)B_0} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 78}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 20} = -\frac{39}{20},$$

$$\gamma_1^* = \frac{C_{1,1} - C_{1,0}}{(b-a)S_0} = \frac{78 - 0}{1 \cdot 1000} = \frac{39}{50}$$

ამრიგად მივიღეთ  $\pi_1^* = (\beta_1^*, \gamma_1^*) = \left(-\frac{39}{20}, \frac{39}{50}\right)$ . ამ პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი  $n=0$  მომენტში.

$$X_0^{\pi^*} = \beta_1^* B_0 + \gamma_1^* S_0 = -\frac{39}{20} \cdot 20 + \frac{39}{50} \cdot 100 = 39$$

შემდეგ გვაქვს

$$\beta_2^* = \frac{(1+b)C_{1,2} - (1+a)f_{2,2}}{(1+r)(b-a)B_1} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 156}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 24} = -\frac{13}{4},$$

$$\gamma_2^* = \frac{f_{2,2} - f_{1,1}}{(b-a)S_{1,1}} = \frac{156 - 0}{1 \cdot 160} = \frac{39}{40}$$

ამრიგად, მივიღეთ  $\pi_1^* = (\beta_1^*, \gamma_1^*) = \left(-\frac{13}{4}, \frac{39}{40}\right)$ . ამ პორტფელის შესაბამისი კაპიტალი  $n=1$  მომენტში.

$$X_1^{\pi^*} = \beta_2^* B_1 + \gamma_2^* S_{1,1} = -\frac{13}{4} \cdot 24 + \frac{39}{40} \cdot 160 = 78$$

შემდეგ გვაქვს

$$\beta_2^* = \frac{(1+b)C_{1,2} - (1+a)f_{2,2}}{(1+r)(b-a)B_1} = \frac{\frac{8}{5} \cdot 0 - \frac{3}{5} \cdot 156}{\frac{6}{5} \cdot 1 \cdot 24} = -\frac{13}{4},$$

$$\gamma_2^* = \frac{f_{2,2} - f_{1,1}}{(b-a)S_{1,1}} = \frac{156 - 0}{1 \cdot 160} = \frac{39}{40}$$

IXI. ვთქვათ,  $S_2 = S_{2,2} = 256$  ობლიგაციის ფასია

$$B_2 = (1+r) \cdot B_1 = \frac{6}{25} \cdot 24 = \frac{144}{5}$$

ასეთ შემთხვევაში

$$X_2^{\pi^*} = -\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} + \frac{39}{40} \cdot 256 = 156$$



რაც ზუსტად პასუხობს ოფციონის ვალდებულებას  $f_{2,2} = f(S_{2,2}) = 156$ ,  
 ემიტენტი გაყიდის  $\frac{39}{40}$  აქციას და მიიღებს  $\frac{39}{40} \cdot 256 = \frac{1248}{5}$ -ის ტოლ თანხას. ამ  
 თანხიდან ის გაისტუმრებს  $\frac{13}{4}$  ობლიგაციის ვალს ანუ  $\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თან-  
 ხას, ხოლო დარჩენილი  $\frac{1248}{5} - \frac{468}{5} = 156$ -ის ტოლი თანხით შეასრულებს ოფციონის  
 ვალდებულებას:  $f_{2,2} = 156$

**IX. II.** ვთქვათ  $S_2 = S_{2,1} = 96$ . ასეთ შემთხვევაში

$$X_2^* = -\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} + \frac{39}{40} \cdot 96 = 0.$$

რაც ზუსტად პასუხობს ოფციონის ვალდებულებას  $f_{2,1} = f(S_{2,1}) = 0$ ,

ემიტენტი გაყიდის  $\frac{39}{40}$  აქციას და მიიღებს  $\frac{39}{40} \cdot 96 = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თანხას. ამ  
 თანხიდან ის გაისტუმრებს  $\frac{13}{4}$  ობლიგაციის ვალს ანუ  $\frac{13}{4} \cdot \frac{144}{5} = \frac{468}{5}$ -ის ტოლ თანხას,  
 ხოლო ოფციონის ვალდებულებით ის არაფერს იხდის, რადგან  $f_{2,1} = 0$ .

**შენიშვნა:** განვიხილოთ ბოლოს სამაქტივიანი ფინანსური ბინომური ბაზარი, რომელიც შედგება ორი ობლიგაციისგან და ერთი აქციისგან.

$B_n = (1+r)B_{n-1}$ ,  $B_0 > 0$   $r$ -არის საპროცენტო განაკვეთი და  $B_n = (1+r_1)B_{n-1}^1 + (1+r_2)B_{n-1}^2$   
 ხოლო აქცია იგივეა რაც განხილულ ნაშრომში ასეთ შემთხვევაში

$$r = r_n = \frac{r_1 \cdot B_{n-1}^1 + r_2 \cdot B_{n-1}^2}{B_{n-1}^1 + B_{n-1}^2}$$

ხოლო რისკ-ნეიტრალური ზომა  $p_n^* = \frac{r_n - a}{b - a}$

შენიშნავთ აგრეთვე, რომ ზემოთ მოტანილი შედეგები სამართლიანია ამ სამაქტივიანი ფინანსური ბაზრის შემთხვევაშიც.

**ლიტერატურა**

1. პეტრე ბაბილუა, ბესარიონ დოჭვირი, ელიზბარ ნადარაია. სტოქასტური ფინანსური მათემატიკა I. დისკრეტული დრო. თბილისი, 2018, გვ. 57-62, 97-99.
2. ბესარიონ დოჭვირი. ფინანსური მათემატიკა, ალბათობა, სტატისტიკა. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2012, გვ.8-10.
3. ლაზრივეა ნ., მანია მ., მირზაშვილი გ., ტორონჯაძე თ., ღლონტი ო., ჯამბურია ლ. ფინანსური ანალიზის რაოდენობრივი მეთოდები. ფონდი „ევრაზია“, თბილისი, 1999.
4. Ширяев А. Основы стохастической финансовой математики, т. 1, 2. -Москва, Фазис, 1998.

**SUMMARY**

**MODELING OF THE PRICING OF EUROPEAN OPTIONS**

**Makhashvili K.A., Razmadze N.G., Tkemaladze G.Sh. and Dochvili B.M.**

**Georgian Technical University**

**Iv. Javakhishvili State University**

It is well known that money-credit politics has a central place in the modern market economy. The instruments to manage and control this politic are operations of options of financial market, obligations, promotions. These operations include certain risks and it is necessary to study and analyze them properly. Mathematical problems of which have been researched by developing intensive Stochastic-Financial Mathematics in recent years. In this paper we discuss problems of financial market and investment securities. For simplicity, we consider the case only with two assets of financial market and solved the standard pricing of European options' two steps task with illustrative number example. We will notice that in this paper, in our studies we also researched the issues which are similar to multifunctional financial market.

**Keywords:** modeling, pricing, financial market.

ტოქსინების ყოფაშეცვლის რეგრესიული მოდელის შესახებ

მასაშვილი ქ.ა., ხეჩინაშვილი ზ.ჯ., ტყემალაძე გ.შ., დოჭვირი ბ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ივ. ჯავახიშვილის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ბიოქიმიურ სამყაროში მიმდინარე პროცესები რთული ბუნებისაა და საჭიროა ამ პროცესების ადეკვატური აღწერა სათანადო მათემატიკური მოდელებით. აგებულია მაგალითად, ქიმიური და ბიოლოგიური რეაქციების აღმწერი დეტერმინისტული და სტოქასტური მოდელები, რომელშიც არსებითად გამოიყენება ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდები.

ორგანიზმში ნივთიერების შეღწევადობა გვიჩვენებს ნივთიერების შესაძლებლობას შეაღწიოს ცოცხალ ორგანიზმში. ნივთიერებისთვის შესაბამისი ქულის მინიჭებისთვის ვიყენებთ ბიოკონცენტრაციის ფაქტორს (BCF), რომელსაც განვსაზღვრავთ ოქტანოლის და წყალის განაწილების კოეფიციენტით ( $K_{ow}$ ), რომელთა შორისაც კავშირს ამყარებს შემდეგი ფორმულა

$$\log(BCF) = m \log(K_{ow}) + b$$

ბიოკონცენტრაციის ფაქტორი (BCF) – სიდიდე, რომელიც ასახავს ცოცხალ ორგანიზმში (თევზი) ნივთიერების დაგროვების უნარს. მიიღება ცოცხალ ორგანიზმში ნივთიერების კონცენტრაციის (მგ/კგ) შეფარდებით ნივთიერების კონცენტრაციასთან (მგ/ლ) იმ გარემომცველ გარემოში (წყალი), რომელშიც ცოცხალი ორგანიზმი ბინადრობს

$$BCF = \frac{\text{concentration (biota)}}{\text{concentration (water)}}$$

ოქტანოლ/წყალი განაწილების კოეფიციენტი – ( $K_{ow}$ ): ეკოტოქსიკოლოგიური მაჩვენებელი, რომელსაც ხშირად იყენებენ  $\log K_{ow}$ -ს სახით ორგანული ქიმიური ნივთიერებების გარემოში გადაადგილების შესაფასებლად. ასახავს დამოკიდებულებას ოქტანოლსა და წყალში განაწილებულ ნივთიერების რაოდენობას შორის. განისაზღვრება ოქტანოლში გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციის ( $C_{octanol}$ ) შეფარდებით ამ ნივთიერების კონცენტრაციასთან წყალში ( $C_{water}$ )

ჩვენი კლავა ეხება წყალში მცხოვრებ ორგანიზმებს (თევზებს).

( $K_{ow}$ )-ოქტანოლსა და წყალს შორის განაწილების კოეფიციენტი ნებისმიერი ტოქსინისათვის მუდმივი სიდიდეა და არ არის დამოკიდებული სახეობაზე. განსხვავებით BCF-ისგან (ბიოკონცენტრაციის ფაქტორისგან), რომელიც სახეობის მიხედვით სხვადასხვა ნივთიერებისთვის განსხვავებული სიდიდეა. ჩვენი მიზანი არის რეგრესიული ანალიზის გამოყენებით ვაჩვენოთ, რომ ამ ორ სიდიდეს შორის (BCF-სა და  $K_{ow}$ ) არსებობს წრფივი რეგრესიული კავშირი. ამის საჩვენებლად ავიღეთ თევზის სახეობა (rainbow trout – ცისარტყელა კალმახი) რომელთა შესაბამისი BCF-ები გარკვეული ტოქსინებისათვის ცნობილია.

დასახელება	სინონიმი	მოლეკულური ფორმულა	ოქტანოლ/წყალი განაწილების კოეფიციენტი, $\log K_{ow}$	ბიოკონცენტრაციის ფაქტორი $\log BCF$
ტრიქლორმეთანი	ქლოროფორმი	CHCl <sub>3</sub>	1,9	0,78
ოთხქლოროვანი ნახშირბადი		CCl <sub>4</sub>	2,79	1,48
1,2 დიქლორმეთანი	ეთილენქლორიდი ეთილენდიქლორიდი	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> , CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl	1,48	0,3
1,1,1-ტრიქლორმეთანი	მეთილის ქლორიდი, ქლოეთენი	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	2,6	0,954
1,1,2-ტეტრაქლორმეთანი	აცეტილენ ტეტრაქლორიდი	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> , CHCl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>	2,39	0,9
პენტაქლორმეთანი	1,1,1,2,2-პენტაქლორმეთანი პენტაჰალინი	C <sub>2</sub> HCl <sub>5</sub> , CHCl <sub>2</sub> CCl <sub>3</sub>	3,22	1,826
ჰექსაქლორმეთანი	ნახშირბადის ჰექსაქლორიდი	C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , CCl <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	4,14	2,143
ტრიქლორეთილენი	აცეტილენ ტრიქლორიდი ეთილენ ტრიქლორიდი	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	2,61	1,23
ტეტრაქლორეთილენი	ეთილენ ტეტრაქლორიდი პერქლორმეთანი	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	3,4	1,69
1,2-დიქლორბენზენი	ო-დიქლორბენზენი ორთო-დიქლორბენზენი	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	3,43	1,95
1,3-დიქლორბენზენი	მ-დიქლორბენზენი	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	3,52	1,82
1,4-დიქლორბენზენი	პ-დიქლორბენზენი პარადიქლორბენზენი	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	3,39	1,78
აკროლენი	2-პროპენალი, აკრილალდეჰიდი	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	-0,01	2,54
2,4 დიმეთილფენოლი	2,4-ქსილენოლი	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	2,3	1,18
დიეთილფტალატი	ეთილფტალატი	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	2,47	2,07

ჩვენს განტოლებებს ექნება სახე

$$\log BCF_n = m_s \log K_{ow_n} + c_s \quad n = 1, \dots, 40 \quad \text{bluegill sunfis}$$

გვაქვს წყვილების ერთობლიობა

$$K_{ow_n}; BCF_n \quad n = 1, \dots, 40$$

bluegill sunfish-ის მონაცემების ერთობლიობაზე რეგრესიულ ანალიზის გამოყენებისას მივიღებთ შემდეგს

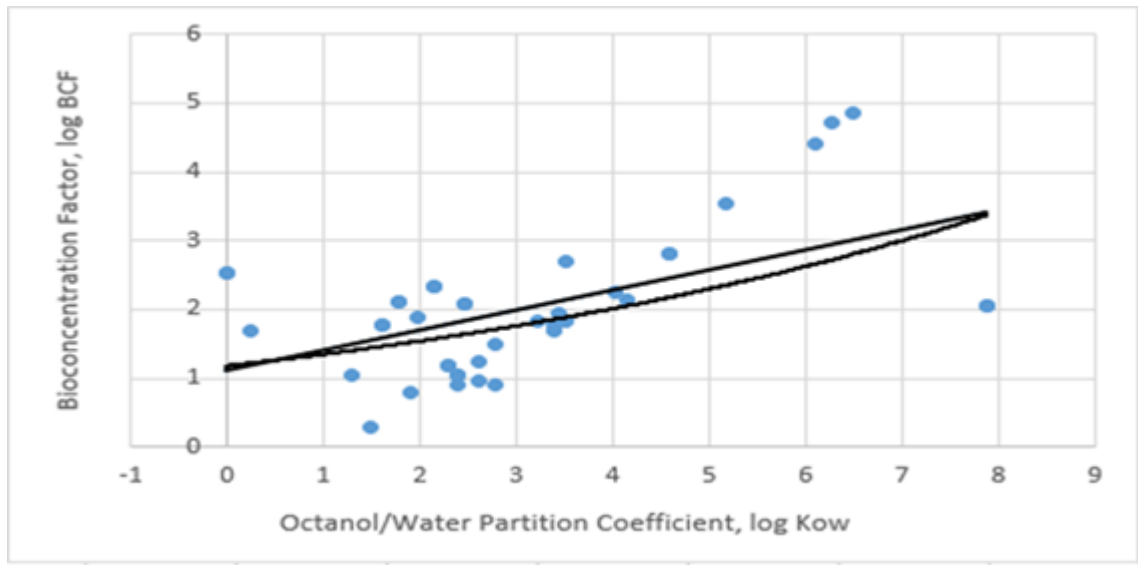
1. წრფივი განტოლება

$$Y = 0,2936 \cdot x + 1,1128, \quad R^2 = 0,2984$$

2. მაჩვენებლიანი განტოლება

$$Y = 1,1817 e^{0,1331x}, \quad R^2 = 0,3108$$

ნახაზზე მოცემულია გაბნევის დიაგრამა, წრფივი და მაჩვენებლიანი რეგრესიული განტოლებების შესაბამისი მრუდები.



გაბნევის დიაგრამა, წრფივი და მაჩვენებლიანი რეგრესიული განტოლებების შესაბამისი მრუდები

ბიოკონცენტრაციის ფაქტორებს (BCF) ოქტანოლის და წყლის შეფარდების კოეფიციენტს (Kow) შორის არის შემდეგი დამოკიდებულება

$$\log BCF = 0,2936 \log K_{ow} + 1,1128, \quad R^2 = 0,2984 \quad r = 0.55$$

ამ ორ სიდიდეს შორის არსებობს წრფივი დადებითი კავშირი.

საბოლოო განტოლება, რომელიც უკვე გვიჩვენებს ნივთიერების (ტოქსიკანტის) ორგანიზმში (bluegill sunfish) შეღწევადობას არის შემდეგი.

ორგანიზმში შეღწევადობის განტოლება

$$e^{\log BCF} = e^{0,2936 \log K_{ow} + 1,1128}$$

$$BCF = e^{0,2936 \log K_{ow}} * e^{1,1128}$$

#### ლიტერატურა

1. ნ. ნაზრიევა, გ. მარია, ა. მოსიძე, ა. ტორონჯაძე, თ. ტორონჯაძე, თ. შერვაშიძე ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა. -თბილისი, ფონდი „ვერაზია“, 2000, 678 გვ.
2. ბ. დოჭვირი. ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა, ლექციების კურსი ეკონომიკური ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2000.
3. Support document to the 2017 (Candidates for toxicological profiles)
4. The ATSDR 2017 Substance Priority List
5. Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals, Volume I, Volume II, Volume III.

#### SUMMARY

#### ABOUT REGRESSIVE MODEL OF TOXICANT BEHAVIOUR

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

Georgian Technical University

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

In the paper linear and exponential models of the hazard of toxic compounds are constructed by the use of regressive and correlative analysis. Actually mentioned models present the prognostic equations of the hazard of toxic compounds.

**Keywords:** toxicant, regressive model, regressive and correlative analyses.

## FREQUENCY OF UNPLEASANT ODOUR IN DRINKING WATER IN SOME DISTRICTS OF TBILISI

Gurgenidze D.R., Bagration-Davitashvili A.N., Inashvili I.D., Bziava K.G., Soselia M.T.

Georgian Technical University

**Abstract.** In the paper the share of household-communal water demand in the total water supply and its necessity is considered and is adjusted that the water supply of the settlement is the main task of any country. The Tbilisi Sea is part of the Tbilisi water supply system, in which in some cases the smell of fish was detected in the drinking water in the areas that are supplied from this reservoir. Household and communal economy, as a water user, has a number of features, which are primarily reflected in the need for water quality - both physical properties (temperature, transparency, color, odor, taste) and chemical parameters are the main requirements for the presence of pathogenic microbes.

**Keywords:** household-communal water, Tbilisi Sea, pathogenic microbes.

### Introduction

The share of household and communal water demand in the total volume of water supply is small, but due to its necessity, water supply to settlements is the main task of any country.

Water Utility supply is directly related to the water consumption of residents of cities and urban-type settlements (for drinking, cooking, washing, cleaning buildings and storerooms, etc.), the satisfaction of urban household needs (hairdressing salons, laundries, baths, etc.), the area of public service (heating network, swimming pools, retail network, street maintenance, etc.); transport and construction organizations. Household utilities, as water consumers, have a number of features, which are primarily reflected in the need for water quality in terms of physical properties (temperature, clarity, color, odour, taste), as well as chemical indicators (acidity, hardness, amount of dry sludge, content of lead, arsenic, fluorine, copper and other elements). The main requirement is to determine the presence of pathogenic microbes, according to the content of which water is divided into several types (healthy, suspicious, unreliable, unhealthy and unusable).

Artesian waters, located between the waterproof layers, have better physical and chemical properties, they are not contaminated with chemicals, as they are less affected by household-communal and natural-climatic factors. Their quality is better than the quality of surface waters. Improvement of surface water quality is carried out by special treatment (water preparation), which envisages water filtration, coagulation (for sedimentation of impurities) in accordance with the sanitary-hygienic requirements; chlorination or fluoridation (for disinfection); enriched with ammonia (to improve taste).

Rivers, springs and groundwater are the source of drinking and household-communal water supply to the populated areas of Georgia. All cities, regional centers and urban-type settlements in Georgia are equipped with a centralized water supply system. Tbilisi is the largest water user (53% of the total municipal water supply). Water consumption per capita in Tbilisi is about 600 l/per day, but at the same time most of the water supply systems are outdated, their efficiency is only  $0.3 \div 0.4$ , this not only causes the large losses of water, but also increases the risk of drinking water pollution and deterioration of its condition.

Currently, the state of water is assessed according to the following main characteristics:

1. Maximum Allowable Concentration (MAC) of harmful substances in drinking water developed by the country and the World Health Organization (DDC);
2. Biochemical Oxygen Demand (BOD)
3. Hydrogen ion concentration (pH)
4. Water turbidity
5. The level of pathogenic bacteria, viruses and parasites
6. Organoleptic properties (effects) of water.

As is known, the organoleptic properties of water include smell, taste and color. The taste and smell in natural waters can be of natural or artificial origin. The odour of natural origin includes: earthy, fishy, clayey, hydrogen sulfide, aromatic, swampy, musty, etc (Suffet, I.H.; Khiari, D.; Bruchet, A). The odour of artificial origin includes: the smell of chlorine, camphor, pharmacy, phenoline, chlorphenoline and petroleum oils.

The natural unpleasant odour in water reservoirs is mainly caused by the decomposition products of planktonic algal communities, although all organisms may indirectly contribute to odour during their death and bacterial degradation. (Tsair-Fuh Lin et.al.)

Algae belong to the group of primitive plants - mainly single-celled aquatic organisms (Wehr. J.D). They multiply by cell division both in water and on land. They live in unstructured soils and together with bacteria prepare them for the viability of other plants. Blue-green algae are the most abundant aerobic organisms on Earth. They have the ability to synthesize carbon, but they also use decomposed organic matter.

During the period of their mass reproduction, the water turns blue, green and other colors. This phenomenon is called water bloom (Wehr. J.D). During the decomposition of blue-green algae, a "blue" liquid is released from the cells, water-soluble pigments - bilichromoproteins, accompanied by water bloom and a sharp deterioration in quality.

During the fermentation of algae and the activation of decay processes, the water is saturated with toxic substances (phenol, cyanide), attaches oxygen and develops an unpleasant odour, which first causes nausea and other hydrobiotics in fish, and then kills them. Water becomes unsuitable for drinking and recreation. Biologically contaminated water from decomposed algae can be compared to water contaminated with industrial wastewater (Jyothi. K, et. al.)).

The damage caused by waterlogging is significant in municipal and technical water supply systems, as well as in hydroelectric power plants and fish farms. Losses in water supply systems are mainly associated with an increase in the amount of consumable coagulants. Excessive blooming in some cases excludes the use of water resources for recreation, tourism and sports.

The organic compounds that give off an unpleasant odour in water are given in the Table below.

**Table 1. Some substances with an unpleasant odour and their sources of occurrence** (Suffet, I.H.; Khiari, D.; Bruchet, A)

Substance	Odour	Source
Beta-Cyclocitral	Fishy	Cyanobacteria
2-trans,4-cis,7-cisdecatrienal	Fishy	Green algae
Dimethyl trisulfide	Rotten	Green algae
Geosmin	Earthy or musty	Cyanobacteria
Trans, trans-2,4-Heptandienal	Fishy	Green algae
2-Methylisoborneol (MIB)	Earthy or musty	Cyanobacteria
1-Pentene-3-one	Fishy	Green algae, Cyanobacteria
2,4,6-Trichloroanisole (TCA)	Earthy or musty	Cyanobacteria
Cis-3-Hexen-1-ol	Rotten	Green algae, Cyanobacteria

The physiological role of these compounds in algae has not been established. It is likely that these are pheromones. These substances are formed as algae metabolites and from the damaged cells are deposited on the surface of the water reservoir. According to the biological activity of algae, the intensity of the water odour also increases, which can reach quite high levels.

**Table 2. Scale for determining odour intensity**

Odour Intensity	Description	Intensity Assessment
No odour	Odour is not felt	0
Very weak (Odour threshold)	Very weak odour	1
Weak	The smell is weak and unpleasant.	2
Distinct	The smell is noticeable and unpleasant.	3
Strong	The smell is harsh, unpleasant and makes this water not to drink	4
Very Strong	The smell is so strong that it is unusable for drinking	5

The intensity of the odour is determined organoleptically. The Table below (see Table 2) shows the scale for determining odour intensity.

**Unpleasant Odour in the drinking water supplied from the Tbilisi sea**

Tbilisi Reservoir, "Tbilisi Sea", "Samgori Reservoir", is located in eastern Georgia, on the Iori plateau, st. 580 meters above sea level in the north-east of Tbilisi. It was created on the site of brackish lakes - Avlabari, Ilguniani and Kukia. It has been operating since 1953. It is wide in the north-western part, narrow in the south-east. Reservoir length - 8.75 km, maximum width 1.85 km. Its area is 11.6 km<sup>2</sup>. Water volume - 308 mln. M<sup>3</sup>. The greatest depth is 45 m. Average depth - 26.6 m. The level of the reservoir increases in spring, summer and autumn, decreases by 7-10 m due to intensive use of irrigation water. The average temperature of the water surface near the shore ranges from 3.70 °C (January-February) to 21.60 °C (August), the maximum temperature is 26.20 °C. Ice does not appear on the reservoir; in cold winters, a coastal ice layer forms. Knows the excitement of the frequent wind. Tbilisi reservoir is an oligotrophic reservoir. It is fed by the water of the river Iori, which enters it through the upper main canal of the Samgori irrigation system. Tbilisi Reservoir water is used: for irrigation, Tbilisi water supply, fish farming, water sports. Water from the reservoir flows through the lower main canal of the Samgori irrigation system and the main canal of Ghrmaghele.

It should be noted that "Tbilisi Sea" is used both for recreation and for centralized drinking water supply in Tbilisi. According to the results of the 2004-2005, 2011 research, the quality of Tbilisi sea water mainly complies with the established hygienic norms. Nevertheless, algae reproduce and "blooming" around the entire perimeter and in the swimming area of the reservoir, which has acquired an intense appearance. It is impossible not to affect the quality of drinking water and not to complicate the technology of preparing drinking water.

According to interviewees, Buluchaur water is much cleaner than water from the Tbilisi Sea, which contains sediment and sometimes an unpleasant odour. The respondents who are supplied with water from the Tbilisi Sea boil water or buy bottled water. in a number of cases the smell of fish was observed in the drinking water in the areas that are supplied from this water reservoir.

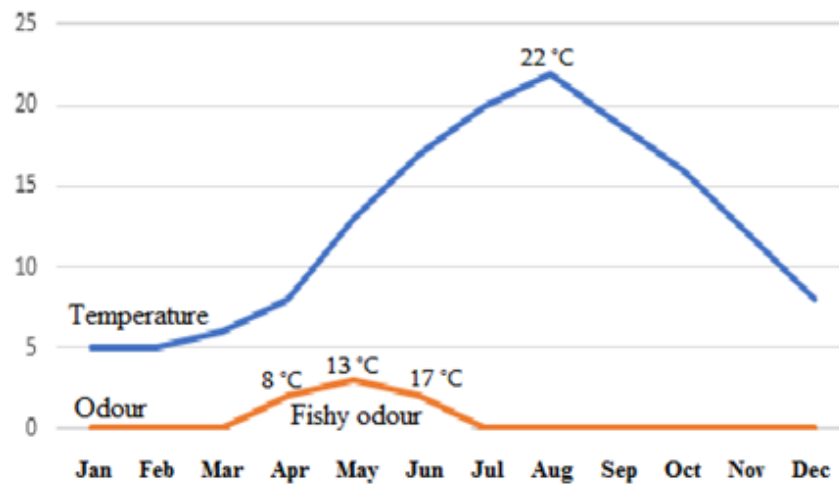
We were interested in statistics related to this issue. Data were taken from the research and testing laboratory of the Georgian Water and Power Company. We took data from several years and analyzed them. Below are the data for 1998–2014 (see Table 3).

**Table 3. Characterization of the odour of drinking water supplied from the Tbilisi Sea (average data for 1999-2014)**

Months	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Water Average Temperature, °C	5	5	6	8	13	17	20	22	19	16	12	8
Odour	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0

Fig. 1 shows the graphical data about characteristics of the odour of drinking water supplied from the Tbilisi Sea. The graph shows that the fishy smell in drinking water supplied from the Tbilisi Sea is observed during April-June and is especially observed in May, where it reaches 2 units. It is defined as weak, i.e. the odour is noticeable and unpleasant.

Obviously, according to Georgian drinking water standards, the permissible odour value for drinking water should not exceed 2 units, but still such a weak smell causes some discomfort.



**Fig. 1. Characteristics of the smell of drinking water supplied from the Tbilisi Sea during the year (average data for 1999-2014)**

It is noteworthy that this odour develops in the period April-June, when its temperature ranged from 8 to 17°C and peaked at 13°C. This is probably due to the intensive reproduction of algae (green algae) in the Tbilisi Sea, the optimum temperature of which fluctuates in this range (Fig. 2).



**Fig. 2. Algae in the Tbilisi Sea (Source: <http://www.bazieri.ge>)**

These algae emit special substances that have a fishy smell and cannot be completely eliminated with the help of technology available at deep water treatment plants.

The following development of our research will take place in two directions:

1. To determine the substances released during the breeding season of green algae in the Tbilisi Sea, which produce an unpleasant fishy odor.



2. Develop a relatively inexpensive and efficient technology that allows deeper removal of fish odors at the Ghrmaghele drinking water treatment plant.

#### REFERENCES

1. Watson S. B. Ecotoxicity of taste and odour compounds. In: Encyclopaedia of Aquatic Ecotoxicology, J. F. Féraud and C. Blaise (eds), Springer, New York, USA, 2012.
2. Smith, V.H.; Denlinger, J.S.; de Noyelles, F.; Campbell, S.; Pan, S.; Randtke, S.J.; Blain, G.T.; Strasser, V.A. Managing taste and Odour problems in a eutrophic drinking water reservoir. J. Lake Reserv. Manag. 2002, 18, pp. 319-323.
3. I. Kruashvili, I. Inashvili, M. Kuprashvili, K. Bziava. Integrated management of water resources. - Tbilisi, publishing house „Ani“, 2008, 320 p.
4. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first addendum. Geneva, World Health Organization, Geneva, 541 p. (electronic version) <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
5. Decision of Georgian Government #58, 15-th January, 2014 year, Tbilisi. About approval of technical regulation of drinking water, p.8 (el-version). <https://matsne.gov.ge/ka/document/download/2196792/0/ge/pdf>
6. M.G. Yacovlev, D.D. Talikadze, O.V. Shershov. Geo ecological aspects of water supply of cities Minsk and Tbilisi.
7. Hygienic aspects of estimation of the degree of recreation area of Tbilisi Sea (2004 year). hygienic estimation of the area of recreation zones and water objects (air, water, soil) in Tbilisi bounds (2005 year).
8. Hygienic aspects of the degree of recreation area of Tbilisi Sea (2004 year). Tbilisi relation „Ecomed express“ and G.Natadze scientific-research Institute of sanitary, hygiene and medical ecology, 2004 year.
9. About determination of the zone of sanitary protection and approval of management rule for the reservoir of drinking water of Tbilisi Municipality (Tbilisi water storage basin). <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/5006022?publication=0>
10. Suffet I.H., Khiari D., Bruchet A. The drinking water taste and odour wheel for the millennium: Beyond geosmin and 2-methylisoborneol, Water Sci. Technol. 1999, 40 (6), pp.1-13.
11. Tsair-Fuh Lin, T-F.; S. Watson, A. M. Dietrich, I. H. (Mel) Suffet. Taste and Odour in Source and Drinking Water: Causes, Controls, and Consequences IWA Publishing. 2019.
12. Wehr. J.D. Introduction to the Freshwater Algae. In book: Freshwater Algae of North America 2<sup>nd</sup> Edition: Academic Press. 2015
13. Jyothi. K, K. Prasad, M. N. Rao. Algae in Fresh Water Ecosystem. /Phykos 46 (1), 2016, pp.25-31.

#### РЕЗЮМЕ

#### ЧАСТОТА ПОЯВЛЕНИЯ НЕПРИЯТНОГО ЗАПАХА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ Г.ТБИЛИСИ

Гургенидзе Д.Р., Багратион-Давиташвили А.Н., Инашвили И.Д., Бзиава К.Г., Соселиа М.Т.  
Грузинский технический университет

В статье обсуждается доля потребности домохозяйств в воде от общего объема водоснабжения и, исходя из ее необходимости, обосновывается, что водоснабжение населенного пункта является основной задачей любой страны. Тбилисское море является частью тбилисской системы водоснабжения, в которой в ряде случаев, наблюдался запах рыбы в питьевой воде в районах, которые снабжаются водой из этого водохранилища. Бытовое и коммунальное хозяйство как водопользователь имеет ряд особенностей, которые в первую очередь отражаются в потребности в качестве воды - главными являются как физические свойства (температура, прозрачность, цвет, запах, вкус), так и химические параметры для определения наличия болезнетворных микробов, по составу которых вода делится на несколько типов (полезная, сомнительная, ненадежная, вредная и непригодная для использования).

**Ключевые слова:** хозяйственно-бытовая вода, Тбилисское море, болезнетворные микробы.

მდინარე მტკვრის დაბინძურება ფარმაცევტული პრეპარატებით ქ.თბილისის მიმდებარე ტერიტორიაში

გურგენიძე დ.რ., გვიშიანი ზ.პ., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ., ცინაძე ზ.ო.,  
სურამელაშვილი ე.რ., ებანოიძე გ.გ.

**შესავალი**

ფარმაცევტული პროდუქტების არსებობა წყალსატევებში ბევრ ქვეყანაში საგანგაშოა. ფარმაცევტული პროდუქტები ბიოაქტიური ნაერთებია და მათ შეუძლიათ ცოცხალ ორგანიზმებზე უარყოფითი ზემოქმედება მოახდინონ [1]. ჩამდინარე წყლებში ფარმაცევტული საშუალებების სხვადასხვა კლასია აღმოჩენილი [2]. ავსტრიაში, ბრაზილიაში, კანადაში, ხორვატიაში, ინგლისში, გერმანიაში, საბერძნეთში, იტალიაში, ესპანეთში, შვეიცარიაში, ნიდერლანდებსა და აშშ-ში ჩატარებულმა ჩამდინარე წყლების ანალიზმა გამოავლენა 80-ზე მეტი ფარმაცევტული პრეპარატი და მათი მეტაბოლიტი.

მკვლევარებმა აღმოაჩინეს, რომ ფარმაცევტული პრეპარატების ძალიან დაბალი დოზაც კი შეიძლება სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენდეს წყალში მცხოვრებ ორგანიზმებისათვის [4]. საყურადღებოა, რომ დღესდღეისობით არ არსებობს ფარმაცევტული საშუალებების კანონით რეგულირებული მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაცია [3]. ამავდროულად, ჩამდინარე წყლების სხვადასხვა გამწმენდი ნაგებობებიდან გამომავალ, გაწმენდილ წყლებში გამოვლენილია სხვადასხვა ფარმაცევტული პროდუქტი, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ წყლის დამუშავების ტრადიციული მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ ჩამდინარე წყლებიდან ფარმაცევტული პროდუქტების ეფექტურ მოშორებას. ამრიგად, საჭიროა ჩამდინარე წყლების განსაკუთრებული დამუშავება ამ დამაბინძურებლების პოტენციური ზემოქმედების შესამცირებლად.

გარემოში არსებობს ფარმაცევტული პროდუქტების მრავალი წყარო, რომლიც საბოლოოდ ხვდება ზედაპირულ, მიწისქვეშა და სასმელ წყლებში [4].

ფარმაცევტული პროდუქტების მთავარი წყაროებია:

- ფარმაცევტული წარმოების ჩამდინარე წყლები და მათში არსებული სუბსტანციები და საბოლოო პროდუქტები
- საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და მათში არსებული ადამიანების მიერ მოხმარებული და გამოყოფილი სამკურნალო საშუალებები და მათი მეტაბოლიტები;
- საავადმყოფოების ჩამდინარე წყლები და მათში არსებული პაციენტების მიერ მოხმარებული და გამოყოფილი სამკურნალო საშუალებები და მათი მეტაბოლიტები;
- მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ფაბრიკების ჩამდინარე წყლები და მათში არსებული ვეტერინარული საშუალებები და მათი მეტაბოლიტები;
- შინაური ცხოველების ექსკრემენტებში არსებული ვეტერინარული საშუალებები;
- ვეტერინარული კლინიკები, საავადმყოფოები და ლაბორატორიები;
- ფარმაცევტული საშუალებები, გამოყენებული ფერმებსა და სასოფლო სამეურნეო მიზნებისთვის;
- ჩამდინარე წყლების გამწმენდი სადგურები;
- მუნიციპალური ნაგავსაყრელები და მათში არსებული ადამიანების, თუ ცხოველების მოუხმარებელი ან ვადაგასული სამკურნალო საშუალებები.

დღესდღეობით, ფსიქიატრიული აშლილობების გავრცელებამ მსოფლიოში გამოიწვია ფსიქიატრიული წამლების, განსაკუთრებით ანტიდეპრესანტების, მოხმარების ზრდა [5]. კვლევებმა აჩვენა, რომ ევროპის მოსახლეობის 7% იღებს ანტიდეპრესანტებს [6].

როგორც სხვა ფარმაცევტული საშუალებები, ანტიდეპრესანტები ხვდებიან გარემოში ადამიანის ექსკრეციის გზით ან ტუალეტებში და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში გამოუყენებელი ან ვადაგასული მედიკამენტების უშუალო გადაყრით, რომელიც არ იწმინდება სათანადოდ ჩამდინარე წყლების გამწმენდ სადგურებში, რაც წარმოადგენს ფარმაცევტული პროდუქტების წყალსატევებში გავრცელების ძირითადი გზას – დამუშავებულ ჩამდინარე წყლებთან ერთად, ეს ნაერთები გამოიყოფა წყლის გარემოში, რაც აბინძურებს ამ წყალსატევებს.

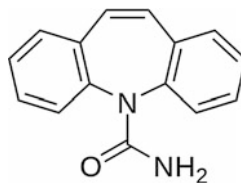
ჩამდინარე წყლებში ყველაზე გავრცელებული ფარმაკოლოგიური საშუალებები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ჩამდინარე წყლებში გავრცელებული ზოგიერთი ფარმაკოლოგიური საშუალება

ფარმაკოლოგიური ჯგუფი	სამკურნალო საშუალება
ფსიქოტროპული საშუალებები	ალპრაზოლი კარბამაზეპინი დოქსეპინი კარბამაზეპინი ლორაზეპამი ოქსაზეპამი პაროქსეტინი სერტრალინი ფლუოქსამინი ფლუოქსეტინი ქლორპრომიზანი
არასტეროიდული ანთების საწინააღმდეგო /ტკივილგამაყუჩებელი საშუალებები	დიკლოფენაკი იბუპროფენი ინდომეტაცინი კეტოპროფენი ნაპროქსენი ნაპროქსენი ნიმესულიდი პიროქსიკამი ცელეკოქსიბი
ანტიჰიპერტენზიული საშუალებები	ადიპინი ავეკორი ალოტენდინი ანაპრილინი ებრანტილი კარდურა ნიფედიპინი სპირონოლაქტონი ფუროსემიდი ჰიდროქლორთიაზიდი
ანტიბიოტიკები	ამოქსიცილინი დოქსიციკლინი კლარიტრომიცინი ოფლოქსაცინი სულფამეტოქსაზოლი სულფამეტოქსაზოლი ტრიმეტოპრიმი ფტორქინოლინი ციპროფლოქსაცინი

ჩვენი კვლევის ობიექტი იყო ანტიდეპრესანტების ჯგუფის პრეპარატი კარბამაზეპინი, რომელიც გამოიყენება დეპრესიის სიმპტომური მკურნალობის დროს და მოქმედებს სხვადასხვა ნეიროტრანსმიტერულ სისტემებზე მოქმედების მეშვეობით.

კარბამაზეპინი მახასიათებლებია: ემპირიული ფორმულა:  $C_{15}H_{12}N_2O$ ; მოლეკულური წონა: 238,3; ხსნადობა წყალში: 16,8 მგ/ლ (25 °C) სტრუქტურული ფორმულა:



**ნიმუშების აღების მეთოდიკა**

ჩვენს მიერ აღებულ იყო ჩამდინარი წყლების სინჯებში მდ. მტკვრის 10 წერტილში:

- 1) ორთაჭალის ჰესის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N1);
- 2) ეროვნული ბანკის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N2);
- 3) საჯარო რეესტრის მიმდებარე მდინარე მტკვარში

(N3); 4) მირცხულაგას ქუჩასთან წყალმიმღების მტკვართან შეერთების ადგილზე (N4); 5) დილოში, საავადმყოფოების მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N5); 6) თევზის რესტორნის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N6); 7) ხოშარაულის ქუჩის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N7); 8) გოთუას ქუჩის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N8); 9) მდინარე ვერესა და მტკვრის შესართავთან (N9); 10) მდინარეების გლდანულასა და მტკვრის შესართავთან (N10).

**ნიმუშების შემოწმება**

ანალიზის ასაღებად გამოყენებული იყო ახალი სტერილური ჭურჭელი. თითოეული ანალიზისთვის ნიმუშები აღებული იყო ცალ-ცალკე და მოთავსებული იყო ანალიზისთვის განკუთვნილ ცილინდრული ფორმის დეზინფიცირებულ კოლბაში. ნიმუშები დაუყოვნებლივ იყო გადატანილი ლაბორატორიაში. წყლის სინჯებში კარბამაზეპინის არსებობა შემოწმებულ იყო ტესტ ჩხირებით დეჟუდ დესპონსე. ჩხირის წყალში ყოფნის დრომ შეადგინა 5-10 წთ. ტესტ-ჩხირზე არსებული ინდიკატორით გამოვლინდა ნიმუშში კარბამაზეპინის არსებობა. ინდიკატორის ჩვენებით დავასკვნით, რომ აღებულ ნიმუშებში აღმოჩენილი იყო ნივთიერება კარბამაზეპინი.

**კარბამაზეპინის რაოდენობის დადგენის მეთოდი**

კარბამაზეპინის რაოდენობის დასადგენად გამოყენებული იყო თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდი.

**ცხრილი 2. მდინარე მტკვარში აღმოჩენილი კარბამაზეპინის რაოდენობა**

N	დისლოკაციის ადგილი	აღმოჩნდა	რეაქციის დრო (წთ)	დაახლ. რაოდ. ნგ/ლ
1.	ორთაჭალის ჰესის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N1)	X	8:00	100
2.	ეროვნული ბანკის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N2)	X	6:00	180
3.	საჯარო რეესტრის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N3)	X	9:00	100
4.	მირცხულაგას ქუჩასთან წყალმიმღების მტკვართან შეერთების ადგილზე (N4)	X	9:00	100
5.	დილოში, საავადმყოფოების მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N5)	X	5:50	220
6.	თევზის რესტორნის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N6)	X	5:00	200
7.	ხოშარაულის ქუჩის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N7)	X	8:00	100
8.	გოთუას ქუჩის მიმდებარე მდინარე მტკვარში (N8)	-	-	-
9.	მდინარე ვერესა და მტკვრის შესართავთან (N9)	-	-	-
10.	მდ. გლდანულასა და მტკვრის შესართავთან (N10)	-	-	-

ქრომატოგრაფიული ანალიზი შესრულდა Agilent 1260 Infinity Quaternary LC სისტემით (აგილენტ ტექნოლოჯის, ვალდრონი, გერმანია), რომელიც აღჭურვილი იყო ნიმუშის ავტომატური ამღებით, გრადიენტული ტუმბოთი და დიოდურ-მატრიცული დეტექტორის (DAD) სისტემით. გამოცალკევება მიღწეულ იყო 100 მმ x 2,1 მმ, 5 მკმ ნაწილაკის ზომით Waters XBridge BEH C18 column-ით. მონაცემები იყო შეგროვებული OpenLab EZChrom Elite კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფით. ქრომატოგრაფიული პირობები ოპტიმიზირებულ იყო წინა ლიტერატურაზე დაყრდნობით [7]. შესაბამისად, იზოკრატიული გაშვების რეჟიმი შერჩეულ იყო კარბამაზეპინის მეთანოლთან და ულტრა სუფთა წყალთან ერთად (60:40 მოც/მოც), როგორც მობილური ფაზა ჭავლის სიდიდეზე 0,4 მლ წთ<sup>-1</sup>. გამოცალკევება იყო მიღწეული ტემპერატურაზე +30°C. დაფიქსირებული იყო შემდეგი ტალღის სიგრძე: 286 ნმ, რამაც საშუალება მოგვცა ჩაგვეტარებინა

სელექტიური ანალიზი შესასწავლი პრეპარატის მნიშვნელოვანი აბსორბციით. ოპტიმიზირებული ქრომატოგრაფიული პირობების მსვლელობის დრო იყო 8 წთ.

თხევადი ქრომატოგრაფიის შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ კარბამაზეპინით მტკვრის ყველაზე დაბინძურებული მონაკვეთებია: დიღომში, საავადმყოფოების მიმდებარე ტერიტორია და თევზის რესტორნის მიმდებარე ტერიტორია.

შედარებით ნაკლებად არის დაბინძურებული: ეროვნული ბანკის მიმდებარე ტერიტორია, ორთაჭალის ჰესის მიმდებარე ტერიტორია, საჯარო რეესტრის მიმდებარე ტერიტორია, მირცხულავას ქუჩასთან წყალმიმღების მტკვართან შეერთების ადგილზე და ხოშარაულის ქუჩის მიმდებარე ტერიტორია.

კარბამაზეპინი არ იყო აღმოჩენილი გოთუას ქუჩის მიმდებარე ტერიტორიაზე, ვერესა და მტკვრის შესართავთან და მდ. გლდანულასა და მტკვრის შესართავთან.

კარბამაზეპინის ყველაზე დაბინძურებულ ტერიტორიაზე განლაგებულია საავადმყოფოები და გასაგებია, ასეთი დაბინძურების დონე. ამავე დროს, გაუგებარია დაბინძურების მაღალი დონე თევზის რესტორნის მიმდებარე ტერიტორიაზე.

ასევე გაუგებარია დაბინძურების არსებობა ეროვნული ბანკის მიმდებარე ტერიტორიაზე, ორთაჭალის ჰესის მიმდებარე ტერიტორიაზე, საჯარო რეესტრის მიმდებარე ტერიტორიაზე, მირცხულავას ქუჩასთან წყალმიმღების მტკვართან შეერთების ადგილზე და ხოშარაულის ქუჩის მიმდებარე ტერიტორიაზე.

გამომდინარე ზემოთ ხსენებულიდან, ეს ყველა წერტილი დამატებით კვლევებს საჭიროებს.

#### ლიტერატურა

1. Silva B, F. Costa, I. C. Neves T. Tavares. Psychiatric Pharmaceuticals as Emerging Contaminants in Wastewater. Springer. 2015, 101 p.
2. Sim WJ, Kim HY, Choi SD, Kwon JH, Oh JE. Evaluation of pharmaceuticals and personal care products with emphasis on anthelmintics in human sanitary waste, sewage, hospital wastewater, livestock wastewater and receiving water. //Journal of hazardous materials. 2013, pp. 219-227.
3. Crane M. Proposed development of sediment quality guidelines under the European Water Framework Directive: a critique. /Toxicology Letters. 142, 2003, pp. 195-206.
4. Heberer T. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. /Toxicol Lett. 131, 2002, pp. 5-17.
5. Calisto V, Esteves VI. Psychiatric pharmaceuticals in the environment. Chemosphere 77, (10), 2009, pp. 1257-1274.
6. Eurobarometer. Mental health part 1: report directorate general health and consumers survey coordinated by directorate general, communication. 2010.
7. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial - Inmetro. Doq-Cgcre-008. Orientações sobre validação de métodos analíticos, INMETRO. Rio de Janeiro, 2010.
8. ცინაძე ზ. წყალმომარაგების ბუნებრივი წყაროების ხარისხის შეფასება მდინარე მტკვრის მაგალითზე. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2019, 203 გვ.

#### SUMMARY

#### POLLUTION OF THE MTKVARI RIVER WITH PHARMACEUTICALS IN THE WATER AREA OF TBILISI

**Gurgenidze D.R., Gvishiani Z.H., Bagration-Davitashvili A.N., Tsinadze Z.O., Suramelashvili E.R. and Ebanoidze G.G.**

**Georgian Technical University**

In the paper studies the presence of pharmaceuticals in the Mtkvari area of Tbilisi is studied. The object of the research was the drug of the group of antidepressants carbamazepine, which is used in the symptomatic treatment of depression and operate by acting on various neurotransmitter systems. Liquid chromatography was used to determine the amount of carbamazepine in wastewater samples at 10 points on the Mtkvari River. It has been established that the most polluted sections of the Mtkvari are with Carbamazepine: in Digomi, the area adjacent to hospitals and the area adjacent to the fish restaurant. Relatively less polluted: National Bank area, Ortachala hydropower Station area, Public Registry area, Mirtskhulava Street at the intersection with the intake Mtkvari and Khosharauli Street. The results show that pollution with pharmaceuticals are mainly found in the Mtkvari River near medical facilities.

**Keywords:** pharmaceuticals, pollution, wastewater.

მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის კომპლექსური ანალიზი  
და სისტემური შეფასება

შოგირაძე მ.ხ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვარცოფული პროცესების ფორმირებას და მის ინტენსიურობას ძირითადად განსაზღვრავს ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობების დიდი კონტრასტულობა, ქანების ლითოფაციალური შედგენილობა და რელიეფი. აღსანიშნავია, რომ საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა. მთისა და მთისწინა ზონა ქვეყნის ტერიტორიის 54 %-ს მოიცავს და, შესაბამისად, ღვარცოფული მოვლენები განვითარებულია ტერიტორიის თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეომორფოლოგიურ ზონაში, დაწყებული გორაკ-ბორცვიანიდან, მაღალმთიანი ალპური ზონით დამთავრებული. ამასთან ერთად, ატმოსფერული ნალექების 60–120 მმ-ის შემთხვევაში საქართველოში ღვარცოფები ფორმირდება ყველა ლანდშაფტურ გეომორფოლოგიურ ზონაში. კლიმატური, ჰიდროგრაფიული, ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური ტიპიზაციის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია, ამიერკავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის კლასიფიკაციით, დაყოფილია 12 ღვარცოფულ რაიონად.

კახეთის რეგიონში კლასიკური ღვარცოფსადინარის მაგალითს წარმოადგენს მდინარე დურუჯის აუზი, რომლის ვიდეო-ვიზუალური აგეგმვა მიუთითებს, რომ ერთ ჰექტარ ფართობზე ეროზიის ინტენსივობამ განსაკუთრებულ შემთხვევებში შეიძლება 50 ტონამდე მიაღწიოს, რაც დასაშვებ ნორმაზე 25-ჯერ მეტია და იგი სატრანზიტო ადგილებში 20 მეტრიანი ღვარცოფის ტალღის გავლის მიზეზიც შეიძლება გახდეს.

დურუჯის ხეობა – შემოსაზღვრულია წითელგორისთავისა და ფოხალის ქედებით, ასევე ნინიკასციხე-ზურგისძვლის მთავარი ქედის მონაკვეთით. ხეობაში გაედინება მდინარე დურუჯი, რომლის სიგრძე ფაქტობრივად 19,8 კილომეტრია, პირდაპირი ხაზით კი 14,6 კილომეტრი. მდინარე დურუჯი წარმოადგენს ალაზნის მარცხენა შენაკადს, თავად კი შეიქმნება ორი, შავი და თეთრი დურუჯის შეერთებით, საიდანაც პირველი მათგანი იწყება მთა შავი კლდიდან, ხოლო მეორე კი მთა ნინიკასციხის სამხრეთ კალთაზე. დინების ზედა ნაწილში აუზი მარაოსებურია, ხეობის ძლიერ დახრილი ფერდობების ზედა ნაწილი და ფსკერზე გვხვდება თიხაფიქლების დაქუცმაცებული პროდუქტების სქელი ნაყარი. ხეობის შუა ნაწილი შედარებით შევიწროვებულ, ყუთის ფორმის ვიწრობს წარმოადგენს, რომელიც ტყითაა გარშემორტყმული.

ქალაქ ყვარლის ტერიტორიაზე, მდინარე ალაზნის შესართავთან ჩამოყალიბებულია დურუჯის გამოტანის კონუსი, რაც თავის მხრივ ქმნის დასახლებული პუნქტების დატბორვის საშიშროებას.

კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ, GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით დეტალურად შესწავლილ იქნა მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზი.

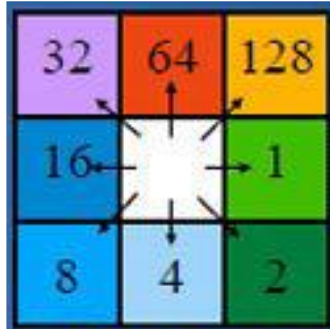
მოდელირებისთვის გამოყენებულ იქნა რეგიონის SRTM-dan (Shuttle radar topographic mission) მიღებული 90 მ გარჩევადობის DEM – რელიეფის ციფრული მოდელი (საკოორდინატო სისტემა D\_WGS\_1984), რის საფუძველზეც განსაზღვრულ იქნა მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის ჰიდროლოგიური მახასიათებლები.

მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის საზღვრების გასამიჯნად რელიეფის ციფრული მოდელი დამუშავდა (DEM) ArcGIS 10.2.2-ის ინსტრუმენტით – ჰიდროლოგია (Hydrology). პირველ ეტაპზე მოხდა ფაილის „შევსება“ (Hydrology - Fill) ინსტრუმენტით დამუშავება, რათა მოგვეხდინა ადგილობრივი დაწვეებისა და ამაღლებების გასწორება. აღნიშნულის დანიშნულებათა რელიეფის ხარვეზების აღმოფხვრა, რაც უზრუნველყოფს წყალშემკრები აუზებისა და ზედაპირული ჩამონადენის კორექტული სურათის მიღებას.

ხარვეზების აღმოფხვრის შემდეგ, ზედაპირის ჰიდროლოგიური მახასიათებლების მისაღებად, განსაზღვრულ იქნა დინების მიმართულება (Hydrology – Flow Direction). Flow Direction ინსტრუმენტი მოიცავს ნაკადის მოდელირების სამ ალგორითმს. ეს

არის D8, Multiple Flow Direction (MFD) და D-Infinity (DINF) მეთოდები. ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებულ იქნა D8 მეთოდი.

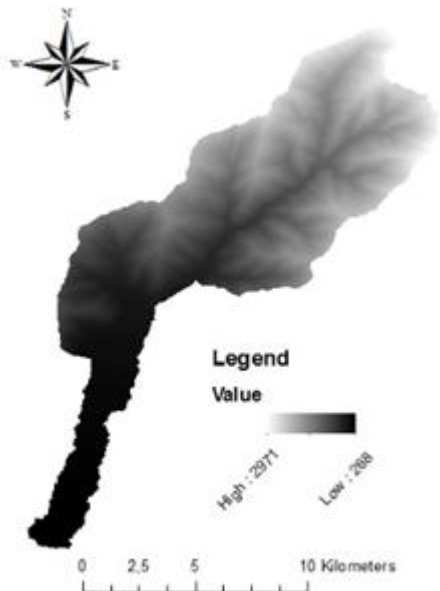
დინების მიმართულების რასტრის თითოეული უჯრედი ატარებს ინფორმაციას ნაკადის მიმართულების შესახებ. მის საფუძველზე გამოითვლება ზედაპირული ჩამონადენი და მდინარის აუზის კონტურები. რასტრული უჯრედები ცხრა შესაძლო მნიშვნელობიდან ერთ-ერთს იღებს (სურ. 1).



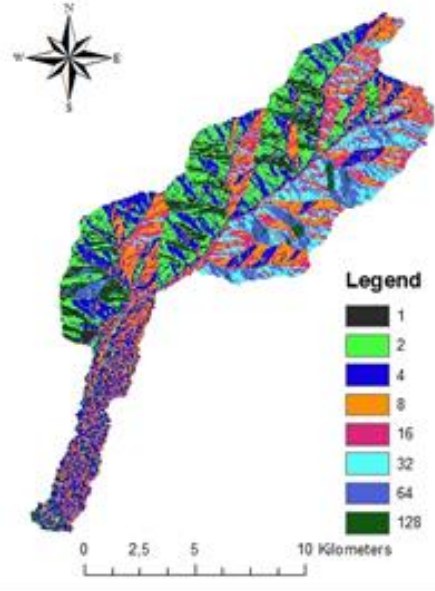
სურ. 1. ნაკადის მიმართულების კოდირება

დინების მიმართულების საფუძველზე მოვახდინეთ მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის გამოყოფა (Hydrology - Basin) და მისი საზღვრების დადგენა. წყალშემკრები აუზის გამოყოფა ხორციელდება აუზებს შორის ქედის ხაზების (წყალგამყოფების) განსაზღვრით. ანალიზდება შემაჯავლი ნაკადის მიმართულების რასტრი ყველა მოსაზღვრე უჯრედის მოსაძებნად, რომლებიც იმავე წყალშემკრებ აუზს მიეკუთვნება.

ჩვენ მიერ განსაზღვრული მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის DEM გამოსახულება მოცემულია სურ. 2-ზე, ხოლო სურ. 3-ზე გამოსახულია აუზის ზედაპირული ჩამონადენის დინების მიმართულება.

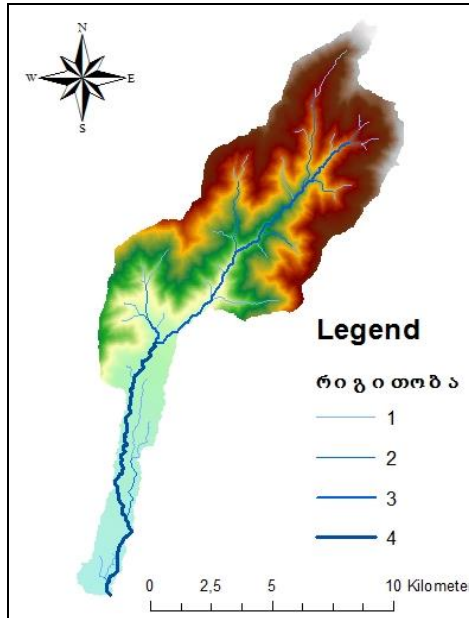


სურ. 2. მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის რელიეფის ციფრული მოდელი (DEM)

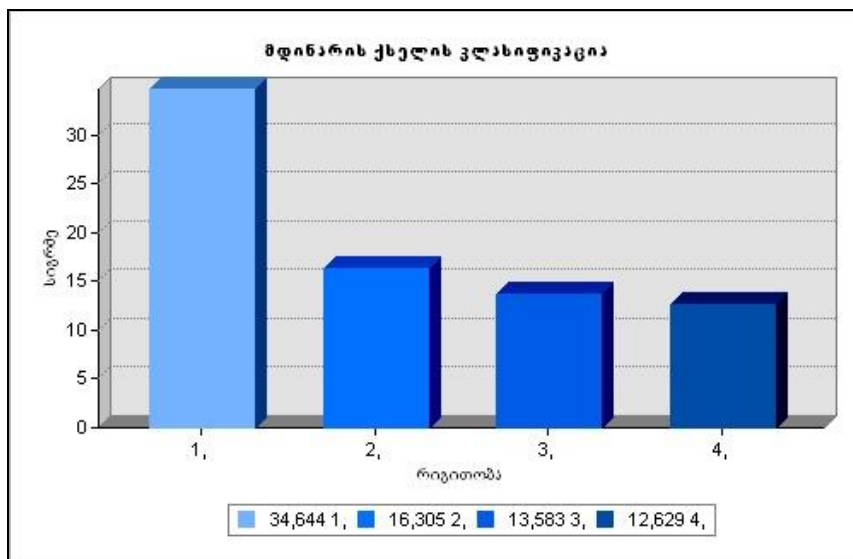


სურ. 3. მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის ზედაპირული ჩამონადენის მიმართულება

სურ. 4-ზე მოცემულია მდინარე დურუჯის და მისი შენაკადების ჰიდროგრაფიული ქსელი, ხოლო სურ. 5-ზე გამოსახულია ნაკადების კლასიფიკაცია წყალუხვობის მიხედვით.



სურ. 4. მდინარე დურუჯის და მისი შენაკადების ჰიდროგრაფიული ქსელი



სურ. 5. მდინარე დურუჯის და მისი შენაკადების ჰიდროგრაფიული ქსელის კლასიფიკაცია

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ყვარელის მუნიციპალიტეტში 4 ძირითადი ხეობიდან ყველაზე ეროზიულ და დეარცოფსაშიშს სწორედ მდინარე დურუჯის ხეობა წარმოადგენს. ამასთან, DEM – რელიეფის ციფრული მოდელის ანალიზის საფუძველზე დგინდება, რომ მდინარე დურუჯის წყალშემკრები აუზის ფართობი 9402,48 ჰექტარს შეადგენს. ზედაპირული ჩამონადენის ანალიზის საფუძველზე მიღებულია მდინარე დურუჯის და მისი შენაკადების ჰიდროგრაფიული ქსელი, ხოლო სტრაჰლერის მეთოდის გამოყენებით, წყალუხვობის მიხედვით იგი დაყოფილია 4 რიგად: პირველი რიგის ჯამური სიგრძე (ყველაზე წყალმცი-



რე შენაკადები) შეადგენს 34,644 კმ-ს; მეორე – 16,305 კმ-ს; მესამე – 13,583 კმ, ხოლო ყველაზე წყალუხვი მონაკვეთი კი 12,629 კმ. მთლიანად მდინარე ღურუჯის და მისი შენაკადების ჯამური სიგრძე 77,160 კმ-ს შეადგენს.

უნდა აღინიშნოს, რომ მდინარე ღურუჯის წყალშემკრებ აუზში წყლისიერი ეროზიის კერების გამოსავლენად და შესაბამისი ეროზიის საწინააღმდეგო საინჟინრო ღონისძიებების შესამუშავებლად, გარდა ჰიდროლოგიური ქსელისა, აუცილებელია აუზის ნიადაგების, რელიეფის, მწვანე საფარისა და კლიმატური პირობების დეტალური შესწავლა.

#### ლიტერატურა

1. მ. აღფენიძე, ზ. სეფერთელიძე, ე. დავითაია, კ. ხარაძე, საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია. – თბილისი, უნივერსალი, 2012, 81 გვ.
2. Planchon, O., and Darboux, F. A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. //Catena 46(2), 2002, pp. 159-176.
3. Tarboton, D. G., R. L. Bras, and I. Rodriguez-Iturbe. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. // Hydrological Processes 5:, 1991, pp.81-100.
4. Greenlee, D. D. Raster and Vector Processing for Scanned Linework. //Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 53 (10):, 1987, pp.1383-1387.
5. Qin, C., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B., Zhou, C., & Yang, L. An adaptive approach to selecting a flow partition exponent for a multiple flow direction algorithm. //International Journal of Geographical Information Science 21(4):, 2007, pp. 443-458;
6. Greenlee, D. D. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. // Water Resources Research 33(2):, 1997, pp.309-319.

#### SUMMARY

#### COMPLEX ANALYSIS AND SYSTEMATIC EVALUATION OF THE RIVER DURUJI'S WATER-COLLECTING BASIN

Shogiradze M.Kh.

Georgian Technical University

In the article DEM – based on the analysis of relief's digital model was determined that river Duruji's water-collecting area amounts 9402,48 hectare. According to the Strahler Method, river Duruji is divided into 4 parts according to flood: total length of the first row (lowest tributaries) amounts 34,644 km, second – 16,305 km, third – 13,583 km, and the most watery section amounts 12,629 km. The total length of the Duruji River and its tributaries as a whole equals 77,160 km. It is determined, that to identify water erosion areas in the water-collecting area of River Duruji and to develop appropriate anti-erosion engineering measures, in addition to the hydrological network, it is necessary to study the basin soils, terrain, green cover and climatic conditions in detail.

**Keywords:** erosion, GIS system, raster, hydrography

## MECHANICAL PROPERTIES OF ISOTHERMALLY HARDENED 40ГМΦ BAINITIC STEEL

Baratashvili M.V. and Metreveli-Mandaria A.B.

Georgian Technical University

**Abstract.** Isothermally hardened 40ГМΦ bainitic steel with the composition of C=0,40%; Si=0,37%; Mn=0,88%; Mo=0,26%; V=0,13%; Ca=0,01%; S=0,028%; P=0,023%, smelted in RMP, has been studied. The research steel was smelted in a 5 ton electric arc furnace in RMP. Experimental tensile test samples were prepared from the rolled stock. The test samples were subjected to isothermal hardening in the furnace baths and tensile tests on the FPZ-100 were conducted.

**Keywords:** steel, bainite, rolled stock, mechanical properties.

**Research.** The experimental data of the mechanical properties obtained at different isothermal modes are presented in Table 1.

Table 1. Mechanical properties of 40ГМΦ bainitic steel after isothermal hardening

Processing modes	Characteristics of Mechanical Properties					
	$S_K$ , n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{\sigma}$ , n/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$\Delta = \sigma_B - \sigma_y$
$T_{\text{heat}} = 740^\circ\text{C}$ , $\tau'_{\text{hold}} = 10$ min, $t_{\text{cool}} = 350^\circ\text{C}$ , $\tau''_{\text{hold}} = 50$ sec.	1230	910	580	17,8	28	330
$t_{\text{heat}} = 740^\circ\text{C}$ , $\tau'_{\text{hold}} = 5$ min, $t_{\text{cool}} = 392^\circ\text{C}$ , $\tau''_{\text{hold}} = 120$ sec.	1380	870	600	14,7	45	270
$t_{\text{heat}} = 740^\circ\text{C}$ , $\tau'_{\text{hold}} = 10$ min, $t_{\text{cool}} = 407^\circ\text{C}$ , $\tau''_{\text{hold}} = 36$ sec.	1260	950	620	16,3	25	330

Chemical compositions and mechanical properties of 40ГCMΦ and 40ГМΦ steels after normalization at 900°C and tempering at 600°C are presented in the Tables 2 and 3.

According to Tables 2 and 3, in both cases structural strength is high, but the steel with  $Si \geq 0,52\%$  is preferred. When  $Si \geq 0,50\%$ , carbon is easily distributed, i.e. the process of bainitic transformation is more organized than when  $Si = 0,43\%$  (or when  $Si > 0,50\%$  [1]).

Table 2. Chemical composition of 40ГCMΦ and 40ГМΦ steels

Steels	Content of chemical elements, by weight %						
	C	Si	Mn	S	P	Mo	V
40ГCMΦ	0,40	0,52	0,97	0,035	0,017	0,22	0,07
40ГМΦ	0,36	0,43	0,96	0,029	0,020	0,27	0,07

Table 3. Mechanical properties of steels after normalization at 900°C and tempering at 600°C

Steels	Characteristics of Mechanical Properties					
	$\Sigma_y$ , n/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , n/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$a_1 = a_B + a_{\delta}$ , j/cm <sup>2</sup>	$J_{IC}$ , n/mm <sup>2</sup>
40ГCMΦ	750	950	23	60	230=80+150	140
40ГМΦ	730	910	23	56	150=60+90	114

Two-component Fe-C system (C=0.40%,  $T_{\text{heat}} = 740^\circ\text{C}$ ) is considered. A small amount of diffusion transformation products is observed on the background of Bainite. In the above modes the mechanical properties vary in the following range:  $\sigma_B = 870-950$  n/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_y = 580-620$  n/mm<sup>2</sup>;  $\delta_5 = 14,7-17,8\%$ ;  $\psi = 25-45\%$ . If carbon content in cast iron base is  $\approx 0,40\%$  and the heating temperature is 740°C, then the effects of isothermal hardening of nodular graphite cast iron and properties at the same modes should be modified by the above-mentioned rules. According to preliminary calculations, the content

of graphite-forming elements in the new composition is:  $Si \approx 1,0\%$ ;  $Al = 0,5-0,7\%$ ;  $Ca \approx 0,04\%$ . Knowing the composition, the solution of the problem will be greatly simplified when setting the hardening modes while heating in the range of  $A_1-A_3$ . It will promote steady increase in the structural strength of the Bainitic cast iron. Two steels that have been studied differ only in terms of silicon content (in 40ГСМФ  $Si = 0,50-0,70\%$ , and in 40ГМФ  $Si = 0,25-0,40\%$ ). Higher level of silicon in the first steel, along with other effects, results in an increased amount of residual austenite, which after "rejuvenation" contributes to the improvement of mechanical properties (especially that of plasticity). Also, the amount of residual austenite increases with the increase in the amount of silicon. We have hypothesized that the same effects exist in gray pig irons, especially in DI.

**Conclusions.** A systematic analysis of new and existing research data [2-5] led us to the scientific hypothesis that there is a "silicon threshold" ( $Si > 0.50\%$ ) in iron and bainitic Fe-Si alloys. According to this hypothesis, many of the existing processes (graphitization, welding, flake forming, thermal fragility, obtaining high strength, etc.) can be explained and new scientific directions can be developed.

#### REFERENCES

1. Kopaleishvili V., Kashakashvili I., Kereselidze L., Khidasheli N., Barbaikadze O., Baratashvili M. Increase of structural strength of nodular graphite cast iron by improving its composition and heat treatment. Transport and Mechanical Engineering. Tbilisi. No. 2 (21), 2011. p. 28-53.
2. Kopaleishvili V., Kashakashvili L., Kereselidze L., Khidasheli N., Kopaleishvili D., Ananiashvili Kh. Elaboration of Iron Based Hydrogen Accumulating Alloys // Advanced Processing of Metals and Materials, vol. 4: New, Improved and Existing Technologies: Nonferrous Materials Extraction and Processing. pp. 435-446-From the 2006 TMS Fall Extraction & Processing; Sohn International Symposium, August 27-31, 2006, in San Diego, California. – ISBN: 978-0-87339-637-0.
3. PIG IRON: Reference / Under. Ed. A. D. Sherman et al. – M.: Metallurgy, 1991. – 576 p. 4. GOST 27208-87. Pig iron castings. Methods of mechanical testing.
4. GOST 1497-84. Metals. Tensile Test Methods. GOST 9454-78. Metals. Impact bending test method at low, room and high temperatures.

#### РЕЗЮМЕ

#### МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 40ГМФ ИЗОТЕРМИЧЕСКИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ БЕЙНИТНОГО КЛАССА

Бараташвили М.В., Метревели-Мандариа А.Б.

Грузинский технический университет

Изучена сталь бейнитного класса 40ГМФ составом  $C = 0,40\%$ ;  $Si = 0,37\%$ ;  $Mn = 0,88\%$ ;  $Mo = 0,26\%$ ;  $V = 0,13\%$ ;  $Ca = 0,01\%$ ;  $S = 0,028\%$ ;  $P = 0,023\%$ , которая была выплавлена в литейном цехе Руставского металлургического завода. Исследуемая сталь выплавлялась в дуговой электропечи мощностью 5 тн в РМЗ. Из полученного сортировочного проката были изготовлены опытные образцы для испытаний на растяжение. Образцы для испытаний были подвергнуты изотермической закалке в ваннах печи и были проведены испытания на растяжение на FPZ-100.

**Ключевые слова:** сталь, бейнит, проката, механические свойства.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მიტასტაზირების მე-2 თაობის  
ინჰიბიტორები – კორონავირუსით დაავადებულთა მკურნალობაში

ჩიგოგიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წიგწივაძე ვ.პ.,  
ჩიგოგიძე ე.ნ., წიგწივაძე თ.ი.

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

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ რაც უფრო მეტია ადამიანის ორგანიზმის სიმსივნურ და ჯანმრთელ უჯრედებს შორის არსებული განსხვავება, მით უფრო ადვილია ისეთი ქიმიური ნივთიერებების შექმნა, რომლებსაც ახასიათებთ ონკოუჯრედებზე შერჩევითი მოქმედება და სწორედ ეს განმასხვავებელი თავისებურებანია ძირითადი სამიზნე სიმსივნურ უჯრედებთან მიზანმიმართულ ბრძოლაში. ჩვენ, ერთხელ კიდევ დავრწმუნდით იმაში, რომ მეტასტაზების წარმოქმნა – განვითარება მჭიდროდ უკავშირდება სიმსივნურ და სისხლძარღვთა ენდოთელიუმის უჯრედებს შორის ურთიერთქმედებას ფიზიკურ – ქიმიურ დონეზე. უდავოა ისიც, რომ ადამიანის სიმსივნური წარმონაქმნების უჯრედები განსხვავდება საწყისი ნორმალური უჯრედებისგან ელექტრული მუხტით. დადასტურებულია ისიც, რომ ჯანმრთელი უჯრედების ნორმალური მემბრანული მუხტი 90–100 მილივოლტია, ხოლო სიმსივნურ უჯრედებთან 40 მილივოლტამდე ეცემა. პოტენციალთა ასეთი ვარდნა (შემცირება) ავთვისებიან უჯრედებს საშუალებას აძლევს შეზღუდონ სხვა ნივთიერებების მათში შეღწევის მცდელობა. სწორედ ამავე მიზეზით ძნელდება სიმსივნის საწინააღმდეგო საშუალებების მოქმედება (ისინი ვერ აღწევენ სიმსივნურ უჯრედებში) მაშინ, როდესაც ჯანმრთელ უჯრედებს მემბრანული პოტენციალის რეგულირების უნარი შესწევთ. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნა, რომ მომატებული უარყოფითი ელექტრული მუხტი ზრდის სიმსივნურ უჯრედთა ავთვისებიანობას [1].

კანცეროგენური ნივთიერებები, ჩვეულებრივ, სწორედ უჯრედთა უარყოფითი მუხტების ზრდას უწყობენ ხელს [2].

განსაკუთრებით საინტერესოა იმის აღნიშვნა, რომ ავთვისებიანი სიმსივნური უჯრედები ძლიერ კონკურენციას უწევენ საჭირო საკვები ნივთიერებების, მათ შორის, მეტალთა იონებისათვის ბრძოლაში და კიდევ იმარჯვებენ, ანუ სიმსივნური უჯრედები ჯაბნიან ნორმალურ, ჯანსაღ უჯრედებს მეტალბისათვის კონკურენტულ ბრძოლაში, რადგან ისინი ბევრად უფრო ძლიერ ლიგანდებს იყენებენ, ვიდრე ჯანმრთელი უჯრედები. შეიძლება ითქვას, რომ რეალურად სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატები ტიპური ლიგანდებია, რომლებსაც აქვთ მეტალბთან კომპლექსწარმოქმნის უნარი [3].

ბოლო ათწლეულებში, ზოგიერთი სახის ავთვისებიანი სიმსივნის (რომელიც ძვლებში მეტასტაზირებით გამოირჩევა) სამკურნალოდ მსოფლიოში მიღებულია რამდენიმე დიფოსფონატი, რომლებიც არეგულირებენ მემბრანების განვლადობას და ხელს უწყობენ სიმსივნის საწინააღმდეგო მედიკამენტების ონკოუჯრედებში შეღწევას.

ამ და სხვა მრავალმა ფაქტორმა მიგვიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ მეტასტაზირების პროცესის წინააღმდეგ საჭიროა ახლებური კომპლექსური მიდგომა და აუცილებელია სიმსივნური და ჯანმრთელი უჯრედების ელექტრულ პოტენციალებს შორის არსებულ სხვაობათა გამოყენება.

ავთვისებიან სიმსივნეთა უარყოფითი ელექტრული პოტენციალის გათვალისწინებით, გაჩნდა იდეა გამოგვეყენებინა უარყოფითი, მრავალმუხტიანი, გრძელჯაჭვიანი ორგანული იონები სიმსივნურ უჯრედთა ბლოკატორისა და კონკურენტის სახით [4-6].

ჩვენ არაერთხელ აღგვინიშნავს, რომ ახალი ინჰიბიტორული კლასის პრეპარატების პირველი წარმომადგენელი ამფიცეზინი, ფიბრინოლიზური აქტივობით გამოირჩევა. შემდგომი თაობის (მე-2 თაობის) პრეპარატებს ჩვენ კიდევ უფრო მეტად

გავუძლიერეთ ეს თვისება, რაც ამ ახალ კორონავირუსულ ინფექციასთან ბრძოლაშიც ასე მნიშვნელოვანია [7-12].

სახეგასმით აღსანიშნავია ისიც, რომ თავდაპირველად მოიაზრებოდა ჰეპარინის მოლეკულის ფრაგმენტების სინთეზი და მიკრომოლეკულებში მათი ჩაკერება – ჩართვა, რომელიც ფიბრინოლიზური მოქმედების ხარჯზე გააშიშვლებდა სიმსივნურ უჯრედებს (პირველადი კერიდან მოწყვეტილი ონკოუჯრედები ხომ ფიბრინის გარსით იფუთება) და ხელს შეუშლიდა (შეაფერხებდა) ენდოთელიუმზე მათ ადჰეზიას (მიწებებას). გარდა ამისა, მსგავსი მაკრომოლეკულები (პოლიიონები) თავად უწვევენ კონკურენციას ონკოუჯრედებს მეტალთა კატიონებისთვის და აიძულებენ მათ შიმშილს (ანუ საკვები ნივთიერებების გარეშე ტოვებენ).

მრავალწლიანი მიზანმიმართული სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის შედეგად ჩვენ შევქმენით სრულიად მაღალაქტიური, მრავალმუხტიანი, გრძელჯაჭვიანი ორგანული ანიონები, მაკრომოლეკულები, რომლებიც დაკავშირებულია ძლიერ ტუტე მეტალებთან – ცეზიუმსა და რუბიდიუმთან [13].

მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მათი მაღალაქტიურობა, მაღალეფექტურობა და განსაკუთრებული გამორჩეულობა გაპირობებულია იმით, რომ ისინი ორგანიზმის ბიოლოგიურ სითხეებში დისოციირდებიან გრძელჯაჭვიან მაკრომოლეკულურ ანიონებად და რუბიდიუმისა და ცეზიუმის კატიონებად, ერთდროულად შეუძლიათ ურთიერთქმედება, როგორც უჯრედთა ლიპოფილურ (ცხიმის მოყვარული), ასევე ჰიდროფილურ (წყლის მოყვარული) სტრუქტურებთან. ეს თვისებები ჩვენს მიერ შექმნილ მაკრომოლეკულებს უნიკალურ თერაპიულ შესაძლებლობებს ანიჭებს [6].

ჩვენს მიერ ჩატარებული მიზანმიმართული სინთეზის მიხედვით ამ ნივთიერებებს შეიძლება მიენიჭოთ ანტიაგრეგანტული, ანტიკოაგულაციური და ფიბრინოლიზური თვისებები იმისთვის, რომ ხელი შეეშალოს ონკოუჯრედების სისხლძარღვთა ენდოთელიუმზე მიწებებას (ადჰეზიას), ეს კი მეტასტაზირების შეფერხებას, შეკავებას ნიშნავს [10].

აღსანიშნავია ისიც, რომ ცეზიუმისა და რუბიდიუმის იონებს სინერგისტული მოქმედების უნარი აქვთ, ანუ ისინი აძლიერებენ ერთმანეთის მოქმედებას, ამასთან, ორივე ეს მეტალი კალიუმის ქვეჯგუფის ელემენტია – კალიუმის ანალოგის, რაც მათ სხვა ელემენტებისგან განსხვავებით, სიმსივნურ უჯრედებში ადვილად შეღწევის საშუალებას აძლევს [14,15].

ზემოაღნიშნულთან ერთად, ისიც გასათვალისწინებელია, რომ ორგანიზმის ჯანმრთელი, ნორმალური უჯრედები კალიუმის კატიონების შთანთქმას ამჯობინებენ მაშინ, როცა ცეზიუმისა და რუბიდიუმის იონების გავლენით, ფიბრინის გარსისგან გააშიშვლებული, ონკოუჯრედების გატუტანება ამ უკანასკნელთა დაღუპვას განაპირობებს.

სინამდვილეში, რეალურად არამხოლოდ ფერხდება და იბლოკება ონკოუჯრედთა ტრანსპორტირება და ადჰეზია ენდოთელიუმზე (ანუ მეტასტაზირების პროცესი), არამედ ონკოუჯრედები ნადგურდება. სადღეისოდ არსებული ქიმიოპრეპარატებისგან განსხვავებით, ჩვენ მიერ შექმნილი ახალი მაკრომოლეკულები, არ მოქმედებენ ჯანმრთელ უჯრედებზე და არ აქვთ გვერდითი მოვლენები.

ახლა, რაც ყველაზე მთავარია, ბუნებრივად ჩნდება კითხვა თუ რატომ მიგვაჩნია ჩვენი გამოგონება – მეტასტაზირების პროცესის სრულიად ახალი კლასის ეს ინჰიბიტორები – ასეთ მნიშვნელოვნად COVID-19 წინააღმდეგ და რა ეფექტი ექნება მათ ახალ კორონავირუსთან ბრძოლაში?

გავრცელებული ინფორმაციით ახალი კორონავირუსული ინფექცია – COVID-19 – მაღალკონტრაგიოზური დაავადებაა, რომელსაც ვირუსი SARS – COV -2 იწვევს. ამ დაავადებით გამოწვეული ლეტალობის მთავარი მიზეზი **ასოცირებული პნემონიაა**.

COVID-19 უპირატესად ფილტვებს აზიანებს, იწვევს რა ალვეოლების დიფუზურ დაზიანებებს და დასაბამს აძლევს სუნთქვის მწვავე უკმარისობას. პაციენტებს თავიდანვე აღენიშნებათ თრომბოზის აქტიურად წარმოქმნა, ანუ არტერიებსა და ვენებში სისხლის კოაგულაციის გაჩენა. მოგვიანებით გაირკვა, რომ COVID-19 მიმდინა-

რობს, როგორც მიკროთრომბოვასკულიტი – ფილტვების, თავისტივინის, გულის, თირკმლებისა და კანის დაზიანებებით.

სკრუპულოზური ანალიზების შედეგად ნათელი გახდა, რომ თრომბოზი კორონავირუსული ინფექციის (და მისი შტამების) ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული გართულებაა. ჰომოსტაზის სისტემის სპეციფიკური პროთრომბული ცვლილებები COVID-19 დროს ასოცირდება ვენური თრომბოემბოლიური გართულებების აღმოცენების მომეტებულ სიხშირესთან. ისიც ცხადი ხდება, რომ ლეტალური გამოსავალი შესაძლოა გამოწვეული იყოს სწორედ თრომბოზით, რომელიც პროფილაქტიკური ანტიკოაგულაციური თერაპიის მიუხედავად, შეინიშნება ფილტვების სეგმენტურ და სუბსეგმენტურ არტერიებში.

მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ ჰემოსტაზის სისტემის ცვლილებებიც, ავთვისებიან დაავადებათა და COVID-19 დროს, ანალოგიურია და ასევე ამ დაავადებათა დროს, პაციენტებს ერთნაირი თრომბოზული გართულებები აღენიშნებათ; სიტუაციიდან გამომდინარე, რეკომენდებულია COVID-19-ით დაავადებულ პაციენტებთან თრომბოზების პროფილაქტიკისთვის ბრძოლაში ჩაერთოს მე-2 თაობის მრავალმუხტიანი ანიონაქტიური მეტასტაზირების ინჰიბიტორები, ფიბრინისა და ანტიაგრეგანტების დაბალმოლეკულური ინჰიბიტორების ფონზე.

სამეცნიერო ლიტერატურაში ცნობილია, რომ ონკოპაციენტებს, ჯანმრთელ ადამიანებთან შედარებით, უფრო ხშირად უვითარდებათ ვენური თრომბოზები (ვენური თრომბოზობოლია), ქიმიოთერაპია კი, სამწუხაროდ, დამატებით ზრდის ამ რისკს.

გარდა ზემოთქმულისა, არსებობს ონკოდაავადებებისთვის დამახასიათებელი რიგი ფაქტორები, მაგალითად, სისხლდენებისადმი მიდრეკილება ავთვისებიანი წარმონაქმნის კერაში, ასევე მხედველობაშია მისაღები თრომბოციტოპენია [16].

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ აღნიშნული ფაქტორები ზრდის ჰემორაგიული გართულებების რისკს ონკოპაციენტებთან თრომბოზების პროფილაქტიკისა და მკურნალობისთვის გამოყენებული ანტიკოაგულაციური თერაპიისას, რადგან ზოგიერთი ანტიკოაგულანტი – მაღალმოლეკულური დექსტრანები, ციტოსტატიკები, ენდოტოქსინები და მაიონიზებელი გამოსხივებები იწვევენ სისხლის სისხლძარღვშიდა შედეგების პროგრესირებას და ზრდიან მეტასტაზირების ტენდენციას.

მთლიანობაში, შეიძლება ითქვას, რომ ონკოლოგიაში გამოყენებული ანტიკოაგულანტებისადმი, თანამედროვე მოთხოვნებია:

1. პრეპარატების ფიქსირებული დოზების შეყვანის მოხერხებული და ხელმისაწვდომი მეთოდები;
2. სიმსივნეთა ქიმიოთერაპიულ პრეპარატებთან შეთავსებები;
3. პრეპარატებს შორის სამკურნალო ურთიერთქმედებათა მისაღები პროფილები;
4. სისხლდენათა დაბალი რისკები.

ზემოაღნიშნულთა კუთხით, ჩვენ მიერ შექმნილი ამფიცეზინის სრულყოფილი ანალოგი (Rb-ით გაძლიერებული) სრულად აკმაყოფილებს ყველა ზემოაღნიშნულ მოთხოვნას. სწორედ, ზემოაღნიშნულის გამო და ყველა განმარტების გათვალისწინებით, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ ანტიკოაგულაციური და ანტიაგრეგანტული თერაპია, ფიბრინის ახალი კლასის ამიდინური ინჰიბიტორების საფუძველზე, რომელთა მოქმედებაც გაძლიერებულია რუბიდოუმისა და ცეზიუმის კატიონებით, დადებით გავლენას იქონიებს კორონავირუსული ინფექციის მიმდინარეობაზე, შეამცირებს დაავადებათა მიმდინარეობის ვადებს, დააჩქარებს დაავადებულთა გამოჯანმრთელების პროცესს, აგვარიდებს მთავარ გართულებას – თრომბების განვითარებას და მნიშვნელოვნად შეამცირებს COVID-19-ით გამოწვეულ ლეტალობის შემთხვევებს.

#### ლიტერატურა

1. საქპატენტი. დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა №6811, დეპონირებულია 19.12.2016წ.
2. Вольф М., Райсбергер К. Лечение ферментами. – М., Мир, 1976, 232с.
3. Дятлова Н.М., Тёмкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. -М., Химия, 1998, 544с.
4. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей. – М., Мир, 1979, 232с.

5. Фридрихсберг Д.Л. Курс коллоидной химии. – Л., Химия, 1984, 484с.
6. Файнгольд С., Кууск А., Кийк Х. Химия анионных и амфолитных азотсодержащих поверхностно активных веществ. – Таллин, Валгус, 1984, 200с.
7. Nadiradze I.Sh., Chigogidze N.Sh. Amphicezin – in principle new inhibitor of malignant tumors metastasis. International Clinical Conference „Modern Approaches of diagnostics and Treatment”. Batumi, Georgia, 18-20-2019 September.
8. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ, მეტასტაზირების ახალი კლასის ინჰიბიტორების შექმნა ონკოლოგიურ ავადმყოფთა ქიმიოთერაპიისათვის. ქაროზი// №72, 2016, გვ. 30-32.
9. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ, კიბოს დამარცხების რეალური პერსპექტივები. // ქაროზი, №70, 2015, გვ. 26-28.
10. საქპატენტი, პატენტი (გამოგონება) P2019 7005B, 17-07-2019. მეტასტაზირების ახალი ინჰიბიტორების შექმნა ინკოდაავადებათა ქიმიოთერაპიისათვის. გამოგონებელი: ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ.
11. ჩიგოგიძე ნოდარ. სიმსივნური უჯრედების თვისებები და ახალი მიდგომა სიმსივნური წარმონაქმნების ქიმიოთერაპიაში. // „ოჯახის მკურნალი”, №10, 2019, გვ. 32-35.
12. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ. ავთვისებიან სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების პრინციპულად ახალი ინჰიბიტორი. // ოჯახის მკურნალი №1, 2019, გვ. 8-12.
13. Локшин Э.П. Рубидий и цезий. Апатиты. Кольский НИЦ РАН, 1996.
14. Коган Б.И., Названова В.А., Солодов Н.А. Рубидий и цезий. М., Наука, 1971-336с.
15. Орбелис Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. – 543с.
16. Клёнова Н.А. Биохимия патологических состояний. Самара, Изд-во «Самарский университет», 2006. – 216с.

## SUMMARY

### INHIBITORS OF THE 2-ND GENERATION OF MALIGNANT TUMORS IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH CORONAVIRUS

**Chigogidze N.Sh., Nadiradze I.Sh., Tsvitsivadze V.P., Chigogidze E.N. and Tsvitsivadze T.I.**

**Bioactive Substances Research Center of Georgian Technical University**

**Science center of Georgia-Israel Joint Clinic “Gidmedi”**

**Caucasus International University**

One of the group of Georgian scientists, the authors of an undoubtedly interesting and relevant invention, the creators of a completely new class of inhibitors of metastasis of malignant tumors believe, that they should definitely be involved in the treatment of patients with coronavirus. It has been proven that an inhibitor of the first generation of malignant tumors, after metastatic surgery - **Amphicezine**, which has fibrinolytic activity, was further enhanced these properties by us, which are so important in the fight against this new coronavirus infection and finally, we have created completely different highly efficient, multiply charged, long-chain organic anions, macromolecules associated with strong alkali metals - rubidium and cesium. They can simultaneously interact with both lipophilic and hydrophilic cellular structures. These properties give the macromolecules created by us a unique therapeutic potential. Depending on the situation, it is recommended to include second-generation multifactorial anionic metastatic inhibitors for the prevention of thrombosis in patients with COVID-19, considering specific low molecular weight inhibitors of fibrin and anti-aggregates.

**Keywords:** metastasis, inhibitor, amphicezine, molignanmt, fibrin, adhesion, prolioferation, oncologic cell.

## IMPACT OF OAK BARREL AND ITS ALTERNATIVES ON SENSORY CHARACTERISTICS AND PHENOLIC COMPOUNDS OF QVEVRI WINE

Grigalashvili Z.A. and Khomasuridze M.B.

Georgian Technical University

**Abstract.** Experiment aimed to assess the influence of oak barrel and its alternatives on sensory characters and content of phenolic compounds of qvevri wine. In frame of the research, control and trial wine samples, from „Kakhuri Mtsvane” and „Saperavi” grape sorts were made according to Kakhetian traditional qvevri wine technology. For evaluation of oak impact, barrels, chips and spiral were applied during various stages of wine making. Sensory evaluation and laboratory analyses were carried out after 8 months of grape processing. Total Phenolic compounds were defined using Folin-Ciocalteus spectral methods. Resveratrol, Quercetin Myricetin were analyzed by Liquid Chromatograph (HPLC) Knauer with UV-Vis Detector, Smart line 2600. The conducted analyses revealed that precipitation and extraction of total phenols depend on the used oak material and duration of maturation. The inclusion of oak barrel and its alternatives in this Georgian traditional technology helps to maintain significant amount of antioxidants in wine, giving it more elegance, complexity and balance.

**Keywords:** Qvevri wine, phenolic compounds, wine ageing, Georgian viticulture zones, oak barrel.

### 1. Introduction

Historically, great wines were aged in oak barrels from the end of fermentation until bottling. The first motivation in choosing barrels was probably that they were easy for one man to handle and could also be used for shipping. Wooden barrels begun being widely used as containers for wine more than 2000 years ago in Northern Europe, under control of the Roman Empire since clay was not as easily available in those regions. Since its invention, barrels have stored, transported and aged not only wine but also another variety of liquids such as beer, whiskeys and other liquors [1,2]. Oak wood was the most frequently used for cooperage in the 16th century due to their resistance, flexibility and relative impermeability [3].

Nowadays, the aging of wines in oak barrels is a technique commonly used in wineries to increase wine stability and complexity. During this process, an organoleptic improvement of the wines is achieved as a consequence of the contribution of oak wood compounds, and the phenolic and aromatic modifications that take place. This practice involves several month aging periods and represents a high economic cost for the wineries [4]. Barrels are expensive, take up a lot of space in the winery and their lifetime is not long. In addition, as the barrel becomes older, it might become populated with undesirable microorganisms such as *Brettanomyces*, which can produce sensorially significant concentrations of ethyl phenols with their unpleasant medicinal and horsy aromas [5].

In the last decades several alternative aging techniques have been developed, including the addition of pieces of wood of various shapes and sizes; a method has risen in popularity in Europe since it was approved and regulated by the European Commission and OIV [6,7]. Currently, there is a varied range of commercial products available and therefore their effects on wine quality can be very variable, since they are influenced by numerous factors (size of fragments, oak wood origin, toasting degree, manufacturing process, dose, contact time with wine, etc.). Due to the large contact surface of these materials with the wine, the extraction of compounds is much faster than in barrels. Additionally, the cost of the process is lower than that of the classic aging in barrels [8].

During wine aging with the contact of oak sources, composition, color and aroma is changing. Several of these positive modifications are due to the extraction of significant amounts of phenolic compounds from wood and their transformation reactions [9].

Wine is one of the oldest beverages, has always been related to the history of man and presents benefits to human health. Wine contains its own phenol compounds, and they are famous with their antioxidant properties. There are two major classes of wine phenolics: nonflavonoids and flavonoids. The relative amount and distribution of these compounds depend on a variety of factors such as grape variety, vineyard location, climate, soil type, cultivation practices, harvesting time, production process, and wine ageing [10].



The wine has undergone numerous studies that have found various connections between improving the quality of life and its consumption. A series of studies prove the benefits of regular and moderate consumption of wine to human health, mainly relating to its phenolic composition. The components of red wine are known as potent antioxidants and have been identified as having anticarcinogenic, anti-inflammatory and antimicrobial properties [11]. Therefore, the study was particularly focused to research the content of phenolic compounds representatives, famous with their antioxidant and health benefit properties – Quercetin, Myricetin and Resveratrol.

The main objective of this work was to study the phenolic composition of the wines made by different techniques and aged by usage of different oak sources: chips, spiral and oak barrels. In addition, the experiment aimed to determine the effectiveness and expediency of a combination of Georgian traditional qvevri wine-making technology and oak aging. Besides, the impact of these treatments on the wine organoleptic characteristics was evaluated.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Vinification and Maturation

For fulfillment of experiment, in 2019, local grape varieties (*Vitis Vinifera*) were harvested in Georgian viticulture zones. Twelve wines: 4 analytical and 4 their corresponding control samples were produced in experimental cellars, where the different steps of the winemaking process were controlled and traceable. In frame of the experiment, for preparation of wine samples Georgian traditional Qvevri wine making technique. Was applied all the experiments were carried out in triplicate.

**Sample 1.** Kakhuri Mtsvane grape sort was harvested in Manavi Village (Kakheti Region) and processed in „Peradze Winery“. Wine was made according to Traditional Qvevri Wine Technology. Grapes were crushed and must (juice, skin, flesh, seed, stems) transferred to pre-washed and sanitized (with sulfur sticks) Qvevries. Fermentation was conducted by wild yeast, without addition of commercial yeast. Fermentation took place at 24-26 °C, the cap was punched down sixth times in a day mechanically by usage of traditional wood equipment. At the end of the fermentation stage, the qvevri was completely filled and sealed. After five month of post fermentation maceration, Qvevri was opened and wine was transferred to stainless steel tank for blending and sulfuring with  $K_2S_2O_5$ . Wine was divided to equal portions: Control Sample № 1.1. was stored in glass containers and Trial Sample № 1.2 was transferred in medium toast oak barrel produced by Gurjaani Barrel Factory, capacity 225 L. The duration of contact of the wine and the oak was 3 months.

Maturation of Kakhuri Mtsvane wine during 3 months in medium toast oak barrel produced by Gurjaani Barrel Factory

**Sample 2.** After opening Qvevries (6<sup>th</sup> month from grape processing), in Winery Shatiri” Saperavi wine was powered in glass carboys and stored at 16-18 °C in cellar. The half part (control sample № 2.1) of wine was stored without addition of oak materials. In rest portion (trial sample № 2.2), in each 20 liters of wine, two „Oak Infusion Spirals”, were placed. The used spirals were produced by „Barrel Mill”, Burgundy Blend, 5 different Toast level, size 20 cm. Wine was left in contact with oak spirals during 6 weeks.

**Sample 3.** Saperavi wine was vinified in 12 Qvevries, owned by „Loladze Winery”. Before malolactic fermentation, in six qvevries (trial sample № 3.1) were put medium toast oak chips, produced by Allary Tonnellerie (size - 10/22 mm, applied dosage - 4g for per liter). In the remaining 6 qvevries (control № 3.1), the technological process was continued without participation of oak materials. Wine maturation with oak chips continued for 12 weeks. After that wine was pumped from qvevri and stored in stainless steel tanks.

**Sample 4.** The experiment was conducted in „Tiko Estate” commercial winery. Part of vinified Saperavi qvevri wine (trial sample 4.2) was transferred in medium toast, Francois Freres Tonnellerie’s oak barrels, capacity - 225 L. The rest portion was distributed in glass carboys (control sample 4.1). The both samples were stored in cellar at the same conditions, during 12 weeks.

Wine samples were stored for further maturation in the selected wineries until May, bottled after 8 months from harvesting and sent for analyses and sensory evaluation.

### 2.2 Chemical analyses

Laboratory tests were performed at the LTD „Wine Laboratory”, accredited by Georgian Accreditation Center (LEPL Unified National Accreditation Body - Accreditation Center). Validated methods were used in the study. Methods and used equipment are presented in Table 1.

**Table 1. Methods of Chemical Parameters Analyses**

Parameter	Method and Equipment
Total Phenols	(OIV) MA-E-AS2-10-INDFOL; Spectrophotometer SP-Carry-50 Total Phenolic compounds were defined using Folin-Ciocalteus spectral methods [12].
Resveratrol Quercetin, Myricetin	Laboratory internal Validated method; chromatographic column LiChroCART, type RP-18. Liquid Chromatograph (HPLC) Knauer with UV-Vis Detector, Smartline 2600 Auto sampler Knauer, Auto sampler Smart line 3800 Thermostat, Knauer, Advanced Scientific Instruments. Software EZChrom Elite, Knauer Software - Microcal Origin 6.0 G Pressure 10.9 kPa (from) Flow rate 0.8 ml / min Temperature 400C Wavelength 240 nm Number of injectors 20 µl Duration of analysis 20 min

### Statistical Analysis

Statistical Analysis. Canonical discriminant analysis (CDA) was performed with the concentrations of chemical compounds in the different samples for all the moments studied. The “IBM SPSS Statistics 22” statistical program was used.

### Sensory Analyses

The Sensory evaluation was conducted according to OIV Standard for International Wine Competitions and Spirituous Beverages of Vitivinicultural Origin (Resolution OIV/Concourse 332A/2009). In wine testing 9 panelists were participating, certified by Georgian Ministry of Agriculture.

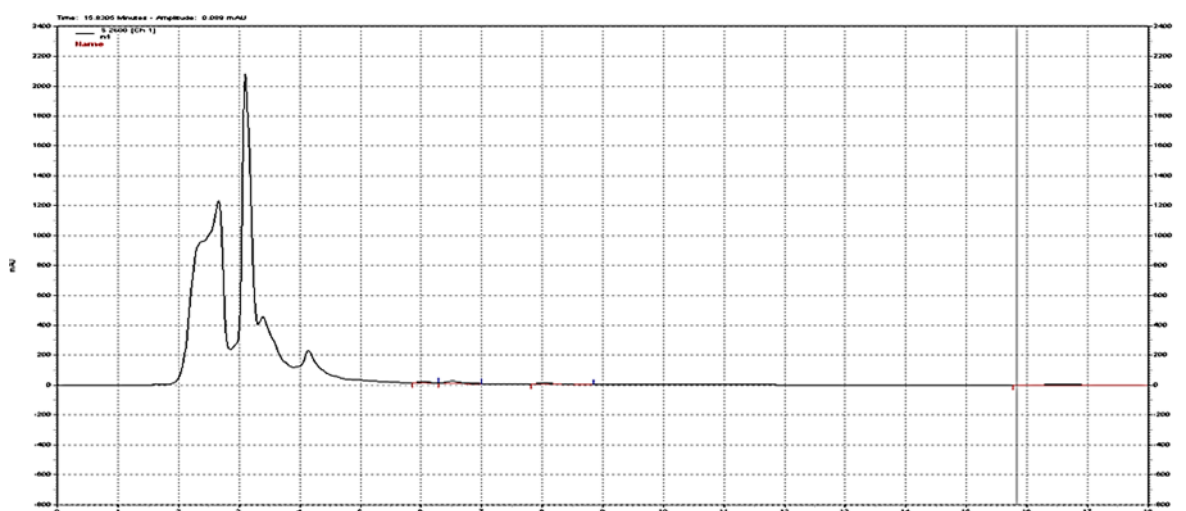
## **3. Results and discussion**

**Sample 1.** The conducted analyses carried out of Saperavi wine, made in in „Peradze Winery” showed that wine matured without application of oak barrel, after 8 month of grape processing, did not contain detectible amount of resveratrol. Trial wine sample, matured for 3 months, in the barrel (made in Gurjaani factory) contains 1.8 g / l of trans- resveratrol and 1.6 g / l of cis resveratrol. Traditional technology of Kakhetian qvevri white wine making implies pomace fermentation. After fermentation, such wine is left on grape skin seed stems in qvevri approximately during six months. Consequently, qvevri wines are characterized with rich content of phenols. The measurement of total phenols showed that control wine (sample 1.1) contents more total phenols than trial. This can be caused by the fact that during maturation in barrels, oxygen from the cask pores reaches the wine. Oxidation reactions involve phenolics and these might change the chemical and sensory profile of wines. Wine phenols are oxidized and oxidized phenols are precipitating . Commonly young qvevri wine made by Kakhetian traditional technology is characterized with well-expressed astringency and a slight bitter taste might be detected. The results of laboratory (Fig. 5) and sensory analysis (Table 3), conducted within the experiment, confirm that the application of oak barrel in qvevri wine technology

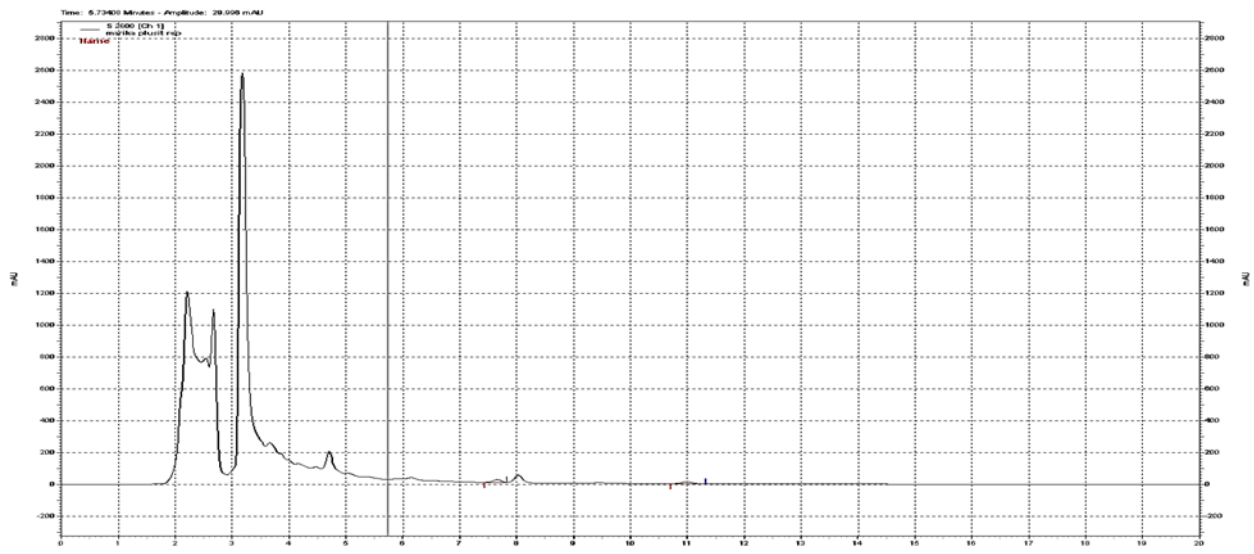
**Table 2. The Content of Antioxidant Compounds-Resveratrol, Myricetin and Quercetin in wines**

№	Wine Sample	Trans - resveratrol, mg/l	Cis-resveratrol, mg/l	Myricetin, mg/l	Quercetin, mg/l
1.1	Control sample - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi	n.d	n.d	0.44	1.3
1.2	Trial sample - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi matured in oak barrel of Gurjaani Barrel Factory	1.8	1.6	0.45	1.5
2.1	Control sample - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro	1.4	1.6	0.2	1.3
2.2	Trial sample - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro, matured on The barrel Mill oak Infusion Spiral;	1.9	2.0	0.4	1.5
3.1	Control sample - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village.	0.8	1.9	0.1	1.2
3.2	Trail sample - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village, matured with Allary Tonnellerie Oak Chips	2.2	2.8	0.23	1.5
4.1	Control sample-Saperavi qvevri wine, Tsinandali village	1.3	1.4	n.d	n.d
4.2	Trial sample-Saperavi qvevri wine, Tsinandali village, matured in Francois Freres Tonnellerie Oak Barrel	1.8	1.6	0.7	1.8

**Sample 2.** Obtained results reveal (Fig 1;2) that Barrel Mill’s Oak Infusion Spirals are effective material for maintenance antioxidants level in wine. Compare to control wine (sample 4.1), trial one (sample 2.2) two times more myricetin concentration was preserved and amount of total phenols was increased by 591 mg/l. The oak material also helped to keep resveratrol in wine. Besides, the Barrel Mill’s oak Infusion Spiral also played the positive role on wine taste and aroma. Qvevri, a wine vessel, and its traditional winemaking techniques have been preserved unchanged even after many centuries. Nowadays modern market demands new taste, new style and establishes new requirements. The inclusion of usage of this oak material will help to harmonize qvevri wine, giving it more elegance, complexity and balance.

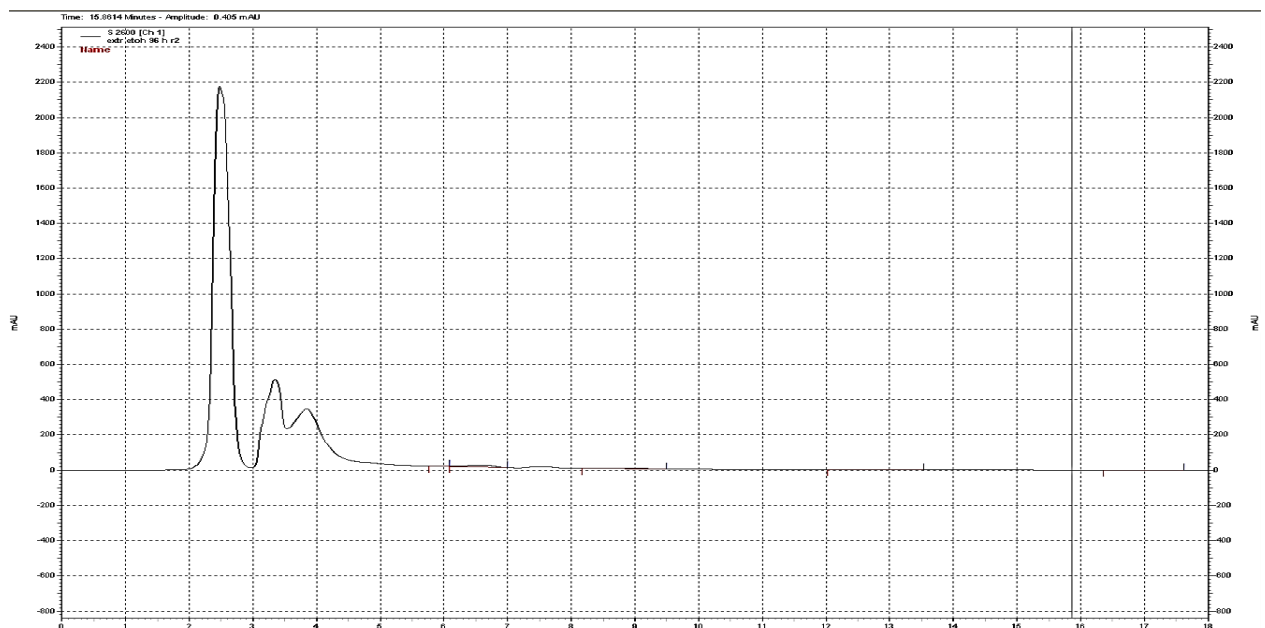


**Figure 1. Chromatogram of wine sample N 2.1: trans-resveratrol, cis –resveratrol myricetin and quercetin**

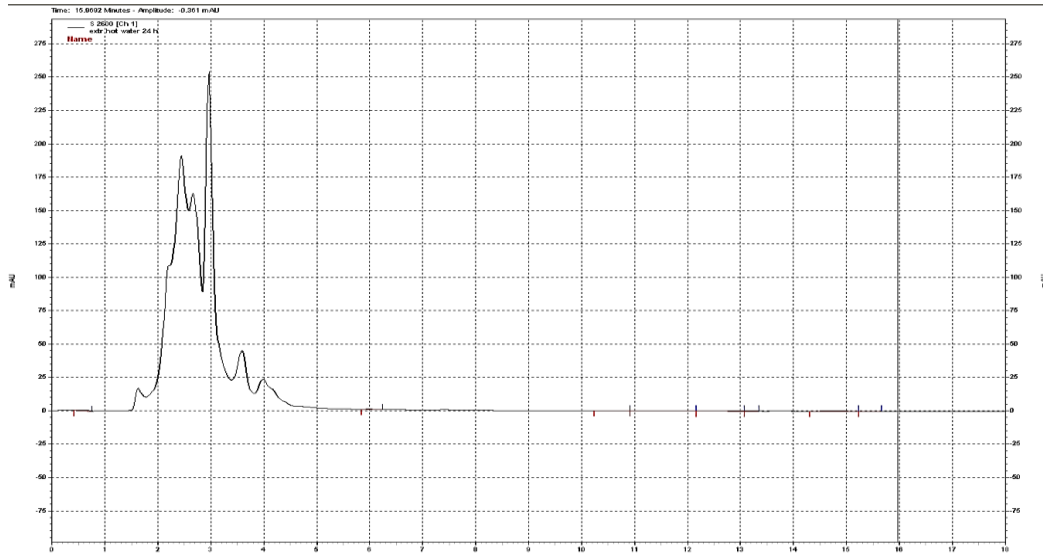


**Figure 2. Chromatogram of wine sample N 2.2:  
trans-resveratrol, cis –resveratrol, myricetin and quercetin**

**Sample 3.** Based on the obtained results, the addition of Allary Tonnellerie Oak chips to qvevri before malolactic fermentation effected on certain antioxidants. Compared to the control (sample 3.1), in the trial wine (sample 3.2) contained 2,4 mg/l more resveratrol, myricetin concentration is 2 times higher, but 108 mg/l less total phenols were identified. The usage of oak chips in traditional technology ennobled the wine sensory parameters. After the end of alcoholic fermentation and before MLF, the addition of chips is very effective for improving aroma and wine structure, increasing its stability [16].

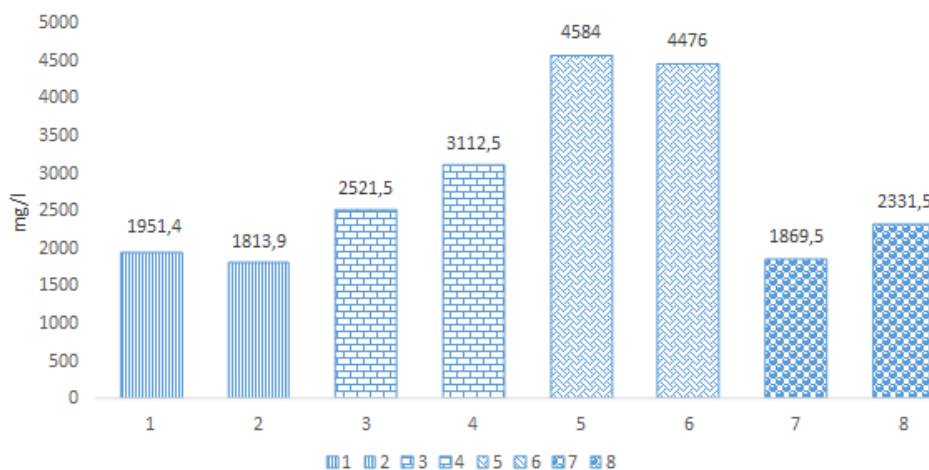


**Figure 3. Chromatogram of wine sample N 3.1:  
trans-resveratrol, cis-resveratrol, myricetin and quercetin**



**Figure 4. Chromatogram wine sample N 3.2: trans-resveratrol, cis –resveratrol, myricetin and quercetin**

**Sample 4.** Wine quality evaluation is based on sensory and chemical analyses. In the sensory tasting, wine quality indicators, such as color, mouthfeel, and taste are largely, but not exclusively, influenced by the phenolic profile. Thus, phenolic compounds are widely used for the wine quality and assessment. Laboratory analyses of sample 4.2 wine shown that maturation in Francois Freres Tonnellerie oak barrel, even more during short period (12 weeks), enriched wine with oak phenols by 462 mg/l, and it was sufficient amount to influence on wine sensory parameters (Table 3). In the frame of experiment, the wine was evaluated by highest score. Oak maturation also contributed to retention of quercetin and myricetin level in wine, in control sample, matured without oak participation these compounds were not detected. In addition, maturation in oak helped to preserve more resveratrol in wine.



**Figure 5. Content of total phenolic ans trial wine samples**

1. Control sample 1.1 - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi; 2. Trial sample 1.2 - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi matured in oak barrel of Gurjaani Barrel Factory; 3. Control sample 2.1 - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro; 4. Trial sample 2.2 - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro, matured on The Barrel Mill Oak Infusion Spiral; 5. Control sample 3.1 - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village; 6. Trail sample 3.2 - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village, matured with Allary Tonnellerie Oak Chips. 7. Control sample 4.1 - Saperavi qvevri wine, Tsinandali village; 8. Trial sample 6.2 - Saperavi qvevri wine, Tsinandali village, matured in Francois Freres Tonnellerie Oak Barrel;

№	Wine Sample	Total score (100-point scale)	Sensory Characters
1.1	Control sample - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi	80.4	Dry fruit taste, spicy, lack of harmony in taste
1.2	Trial sample - Kakhuri Mtsvane Qvevri wine, Manavi matured in oak barrel of Gurjaani Barrel Factory	88.9	Dried apricot, raisin, tea, tobacco
1.1	Control sample - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro	88	Prune, blackberry, black paper
1.2	Trial sample - Saperavi qvevri wine, Dedoplistskaro, matured on The barrel Mill oak Infusion Spiral;	94	Prune, blackberry, roasted nuts with a hint of coffee and spice
3.1	Control sample - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village.	79.8	Berry aroma combined, astringent, tannin taste
3.2	Trail sample - Saperavi qvevri wine, Mukuzani village, matured with Allary Tonnellerie Oak Chips	88	Sweet blackberry aroma, with oaky taste
4.1	Control sample-Saperavi qvevri wine, Tsinandali village	89	Black current, prune, dried herbs, spices
4.2	Trial sample-Saperavi qvevri wine, Tsinandali village, matured in Francois Freres Tonnellerie Oak Barrel	94	prune, sweet berry, oaky taste, spices, slightly expressed chocolate and elegant integration of wine and oak

### Conclusion

Archaeological and other scientific researches confirm that using qvevri as a wine vessel dates back to VI-V millenniums BC. Qvevri wine traditional wine making techniques have been preserved and unchanged even after many centuries.

Nowadays modern market demands new taste, new style and establishes new requirements.

The results achieved by conducted experiment reveal that inclusion of oak barrel and its alternatives in Kathetian traditional qvevri wine technology helps to maintain significant amount of antioxidants in wine, giving it more elegance, complexity and balance.

Saperavi Qvevri wine maturation in Caucasian oak barrel during 3 months prevents the disappearance of resveratrol content and wine retains a significant amount of this compound.

In addition, harmonizes the excessive astringency and improves organoleptic properties of wine.

Barrel Mill's Oak Infusion Spirals are effective material for maintenance of myricetin and resveratrol concentration in wine. It is able to remain two times more amount of myricetin, and 95% more resveratrol than these compounds stay in wine without oak usage. Application of Barrel Mill's Oak Infusion Spirals enriches wine by 23% more total phenols. also played the positive role on wine taste and aroma.

Addition of Allary Tonnellerie Oak chips to qvevri before malolactic fermentation, compare to control wine, matured without oak, keeps 100 % more myricetin, and 85 % more resveratrol in wine. The usage of this oak chips in traditional technology decreases the content of total phenols, but ennobles the wine's sensory parameters.

Saperavi qvevri wine maturation in Francois Freres Tonnellerie oak barrel for 12 weeks, contributes to retention of quercetin and myricetin level in wine, prevents their settling and disappearing from the wine. This French oak barrel by 23% enriches wine with oak phenols and remarkably influences on wine sensory parameters.

## REFERENCES

1. A. Bevan. Mediterranean containerization. *Current Anthropology*. University of London, 2014, 55(4), pp. 387-418.
2. D. Twede, Del Alamo-Sanza M., Nevares, I. Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge. /*Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018, 58, pp.2711-2726.
3. Rubio-Bretón P., Lorenz, C., Salinas M.R., Martínez J., Garde-Cerdán T. Influence of Oak Barrel Aging on the Quality of Red Wines. In *Oak: Ecology, Types and Management*. Chuteira, C.A., Grao, A.B., Eds.; Nova Science Publishers: New York, NY, USA, 2013; Volume 2, pp. 59-86.
4. Suarez R., Suarez-Lepe J.A., Morata A. and Calderon F. The production of ethylphenols in wine by yeasts of the genera *Brettanomyces* and *Dekkera*: /A review. *Food Chemistry*; 2007, 102, pp.10- 21.
5. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV). „International Code of Oenological Practices”; OIV: Paris, France, 2015; pp. 1-17.
6. European Union. Commission Regulation (EC) No 1507/2006. *Off. J. Eur. Union* 2006, 280, 1-9.
7. Chatonnet P. Productos alternativos a la crianza en barrica de los vinos. *Influencia de los parámetros de fabricación y de uso*. /*Rev. Enol.* 2007, 4, pp. 2-24.
8. Wildenradt HL, Singleton VL. The production of aldehydes as a result of oxidation of polyphenolic compounds and its relation to wine aging. //*Am J Enol Vitic* 25, 1974, pp. 119-126.
9. A. Coletta, S. Berto, P. Crupi et al. Effect of viticulture practices on concentration of polyphenolic compounds and total antioxidant capacity of Southern Italy red wines. // *Food Chemistry*, 2014, vol. 152, pp. 467-474,.
10. D.A. Wurz. Wine and health: A review of its benefits to human health. / *BIO Web of Conferences* 41st World Congress of Vine and Wine. 2019, 12, 04001
11. Compendium of international methods of wine and must analysis. /*International Organization of Vine and Wine*, Paris 2014, volume 1, pp. 117-118
12. OIV Standard for International Wine Competitions and Spirituous Beverages of Vitivincultural Origin (Resolution OIV/Concours 332A/2009) Certified in conformity Zagreb, 3rd July 2009. pp 19-21.
13. J. Robinson (ed) "The Oxford Companion to Wine" Third Edition, Oxford University Press 2006, pp. 492-494.
14. A. Waterhouse; F. Laurie. Oxidation of wine phenolics: A critical evaluation and hypotheses. //*American Journal of Enology and Viticulture*, 2006, 57(3). pp.306-313.
15. *Red wine Technology* Academic Press. Department of Chemistry and Food Technology. Ed. By Antonio Morata. Elsevier Inc. Technical University of Madrid, Madrid, Spain, 2019, pp. 149-162.

## РЕЗЮМЕ

### ВЛИЯНИЕ ДУБОВОЙ БОЧКИ И ЕЕ АЛЬТЕРНАТИВ НА СЕНСОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВИНА КВЕВРИ

Григалашвили З.А., Хомасуридзе М.Б.

Грузинский технический университет

Целью эксперимента было оценить влияние дубовой бочки и ее альтернатив на органолептические характеристики и содержание фенольных соединений в вине из квеври. В рамках исследовательских, контрольных и пробных образцов вина из сортов винограда «Кахури Мцване» и «Саперави» были изготовлены по традиционной кахетинской технологии изготовления вин квеври. Для оценки воздействия дуба на различных этапах виноделия применялись бочки, стружка и спираль. Органолептическая оценка и лабораторные анализы проводились после 8 месяцев обработки винограда. Общие фенольные соединения определяли с использованием спектральных методов Folin-Ciocalteus. Ресвератрол, кверцетин, мирицетин анализировали с помощью жидкостного хроматографа (ВЭЖХ) Кнауер с детектором УФ-видимого диапазона, Smart line 2600. Проведенные анализы показали, что осаждение и извлечение общих фенолов зависят от используемого дубового материала и продолжительности созревания. Включение дубовой бочки и ее альтернатив в эту традиционную грузинскую технологию помогает сохранить значительное количество антиоксидантов в вине, придавая ему больше элегантности, сложности и баланса.

**Ключевые слова:** вино квеври, фенольные соединения, выдержка вина, зоны виноградарства Грузии, дубовая бочка.

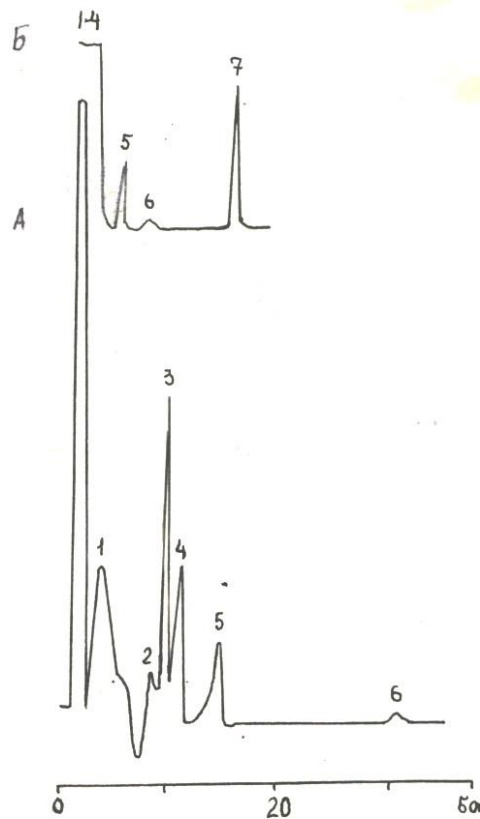
ღვინოებში ზოგიერთ არაორგანულ და ორგანულ მჟავათა ანიონების დაყოფა, იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით

შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქრომატოგრაფიული მეთოდები წარმატებით გამოიყენება დუდილის პროცესების შესასწავლად, ყურძნის წვენიის ტექნოლოგიური გადამუშავების დროს. ამ საკითხთან დაკავშირებით გამოყენებულ ქრომატოგრაფიის მეთოდების მიმართულებათა შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს თხევადი ქრომატოგრაფიის ვარიანტი – იონური ქრომატოგრაფია [1]. ქრომატოგრაფიის ამ ვარიანტის გამოყენებით მიღებული მონაცემები მიგვითითებენ მის პერსპექტიულობაზე ერთ [2] და ორვალენტიანი კატიონების, არაორგანულ მჟავათა ანიონების, ხოლო საცრისებური ქრომატოგრაფიის რეჟიმში, ორგანული მჟავების განსაზღვრის საქმეში.

წარმოდგენილ სამუშაოში მოცემულია ორ ღვინომასალაში „კახეთი“ და „რქაწითელი“, ზოგიერთი არაორგანული და ორგანული მჟავების შემცველობის განსაზღვრა მათი წინასწარი დამუშავების გარეშე, იონური ქრომატოგრაფიის ერთსვეტიანი ვარიანტის გამოყენებით; რისთვისაც უპირველეს ყოვლისა ვახდენდით სვეტის რეჟიმისა და გამოყენებული ელუენტის (მოძრავი ფაზა) ოპტიმიზაციას. ასეთ პირობებში არაორგანულ და ორგანულ მჟავათა ანიონები ერთ პიკად გამოდიოდნენ ქრომატოგრამის დასაწყისში.



არაორგანულ და ორგანულ მჟავათა ანიონების დაყოფა ღვინოში „რქაწითელი“

A – დაყოფის ძირითადი რეჟიმი

1,2 – არაიდენტიფიცირებული ორგანული მჟავები, 3 –  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , 4 –  $\text{HCO}_3^-$ .

5 –  $\text{Cl}^-$ , 6 –  $\text{NO}_2^-$ , 7 –  $\text{SO}_4^{2-}$ .

B – დაყოფა ბუფერის დამატების შემდეგ.



ანიონების განსაზღვრა ხდებოდა ფირმა „Waters“-ის IO-PAC Anion-ის ტიპის 50X4,6 მმ ზომის სვეტზე. ნაწილაკების ზომა იყო 10 მკმ. მოძრავ ფაზად შერჩეული იყო 1mM ბენზოატის ხსნარი, რომლის ხარჯიც შეადგენდა 1,2 მლ/წთ. ამ რეჟიმში ძალიან დიდი იყო  $\text{SO}_4^{2-}$ -ის იონების შეკავება, რის გამოც ცდების მეორე ნაწილი ტარდებოდა Li, K – ფტალატის ბუფერული ხსნარის გამოყენებით. ამ დროს ორგანულ მჟავათა ანიონები გამოდიოდნენ ერთი საერთო პიკით (ნახაზი).

ანალიზის დრო იყო 30 წუთი. არაორგანულ მჟავათა ანიონების შემცველობა ღვინოებისთვის „კახეთი“ და „რქაწითელი“ შესაბამისად იყო (მგ/ლ-ში) „კახეთი“:  $\text{Cl}^-$  – 55,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 75; „რქაწითელი“:  $\text{Cl}^-$  – 60,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 85.

არაორგანულ და ორგანულ მჟავათა შედგენილობის განსაზღვრისათვის იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენება, საშუალებას იძლევა გაკონტროლდეს ღვინომასალებში ფერმენტაციის პროცესი.

#### ლიტერატურა

1. Д. Ж. Фриц и др. Ионная хроматография. –М., Мир 1984, 240 с.
2. შათირიშვილი შ. ი., კილაძე მ.თ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., შათირიშვილი ი.შ. ღვინოებში ტუტე მეტალებისა და ამიაკის განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2019, ტ.89, გვ. 137-138.

#### SUMMARY

#### SEPARATION OF SOME INORGANIC AND ORGANIC ACID ANIONS IN WINES BY ION- CHROMATOGRAPHY METHOD

Shatirishvili Sh.I. and Kiladze M.T.  
Georgian Technical University

Ion- chromatography method was used to determine the anions of some inorganic and organic acids in wines “Kakheti” and “Rkatsiteli”, both directly and by using a buffer solution of Li, K – phthalate.

The obtained results allow to control the fermentation process in wine materials.

**Keywords:** ion- chromatography, sieve chromatography, mobile phase (eluent).

ინოვაციური ტექნოლოგიის შემთხვევებით მწვანე კაკლის ნარჩენიდან  
სადესერტო ლიქიორის დამზადება

მამარდაშვილი ნ.გ., აბაშიძე ს.ბ., ქურციკე მ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მსოფლიო ბაზარზე დიდი მოწონებით სარგებლობს ისეთი საკვები პროდუქტები, რომლებიც დამზადებულია ბუნებრივად მდიდარი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების შემცველი ნედლეულისაგან. აქედან გამომდინარე, მაღალხარისხოვანი და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების წარმოებაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ბუნებრივი ექსტრაქტების, ბიოლოგიურად აქტიური ფრაქციების გამოყენებას. ხილის მიზნობრივად გამოყენებისთვის აუცილებელია საჭირო ნივთიერებების პოტენციური რაოდენობით შემცველი ობიექტების შერჩევა და ადამიანის ორგანიზმისთვის მნიშვნელოვანი ნივთიერებებით ბალანსირებული პროდუქტების მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება [1-4].

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოში ფართოდ გავრცელებული კაკლის (*Juglans regia*) ნარჩენიდან (მწვანე კაკალი) გადამუშავების ინოვაციური ტექნოლოგიის შემუშავება და თანამედროვე პროდუქტის მიღება – კერძოდ სადესერტო ლიქიორის დამზადება.

„სიცოცხლის ხე, ტვინის დღესასწაული, ენერჯის აკუმულატორი და უნივერსალური წამალი“, ხშირად ასე მოიხსენიებენ ბერძნულ კაკალს, რადგანაც უძველესი დროიდან კვებად, კურნავდა და ძალების აღდგენაში ეხმარებოდა ადამიანს. კაკალი მცენარეთა სამყაროში ყველაზე უნიკალურია, რომლის ყველა ნაწილი მდიდარია ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების ფართო სპექტრით: ორგანული მჟავები, კაროტინი, ფენოლკარბომჟავები, მთრიმლავი ნივთიერებები, კუმარინები, ქინონი: ალფა და ბეტა იუგლონი, 5-გლუკოზიდ ჰიდროიუგლონი. ვიტამინი C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP, K, E, A, ცილები, ნახშირწყლები. ცხიმები, უჯერი ცხიმოვანი მჟავები, იოდი, კალიუმი, ფოსფორი, კობალტი, სპილენძი, მოლიბდენი, სელენი. C ვიტამინის შემცველობით მწვანე კაკალი 9-ჯერ აღემატება შავ მოცხარს და 50-ჯერ ციტრუსებს. მისი რაოდენობა მატულობს ნაყოფის განვითარების მიხედვით და მაქსიმუმს (2,5%) აღწევს ვეგეტაციის შუა პერიოდში – როდესაც ნაყოფი მოუმწიფებელია. [5-7].

საკვლევი ობიექტები ხასიათდებიან ბაქტერიოციდული, ანთების საწინააღმდეგო, ანტიმიკრობული, ეპითელური ქსოვილის აღმდგენი, მატონიზირებელი, ადაპტოგენური და სხვა. აქედან გამომდინარე, მისგან მიიღება სხვადასხვა სახის მაღალი კვებითი ღირებულების დიეტური და სამკურნალო თვისებების მქონე ალკოჰოლიანი სასმელები და საკვები პროდუქტები.

ლიქიორის კუპაჟისთვის საჭირო ნახევარფაბრიკატების დასამზადებლად მთავარი პროდუქტი იყო მწვანე კაკლის ნაფცქვენი (კანი). მაღალხარისხოვანი ექსტრაქტების მიღებისათვის ვიყენებდით ექსტრაგირების, კონცენტრირების და იდენტიფიკაციის მეთოდებს [1, 8-10].

საკვები ობიექტების გადარჩევისა და გარეცხვის შემდეგ, ვახდენდით მის დაჭყლევას, სხვადასხვა სპირტწყალხსნარების მრავალჯერად ექსტრაქციას, სხვადასხვა დაყოვნების ინტერვალით, ოთახის ტემპერატურაზე, პერიოდული მორევით. შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ექსტრაქციის ოპტიმალური პარამეტრები

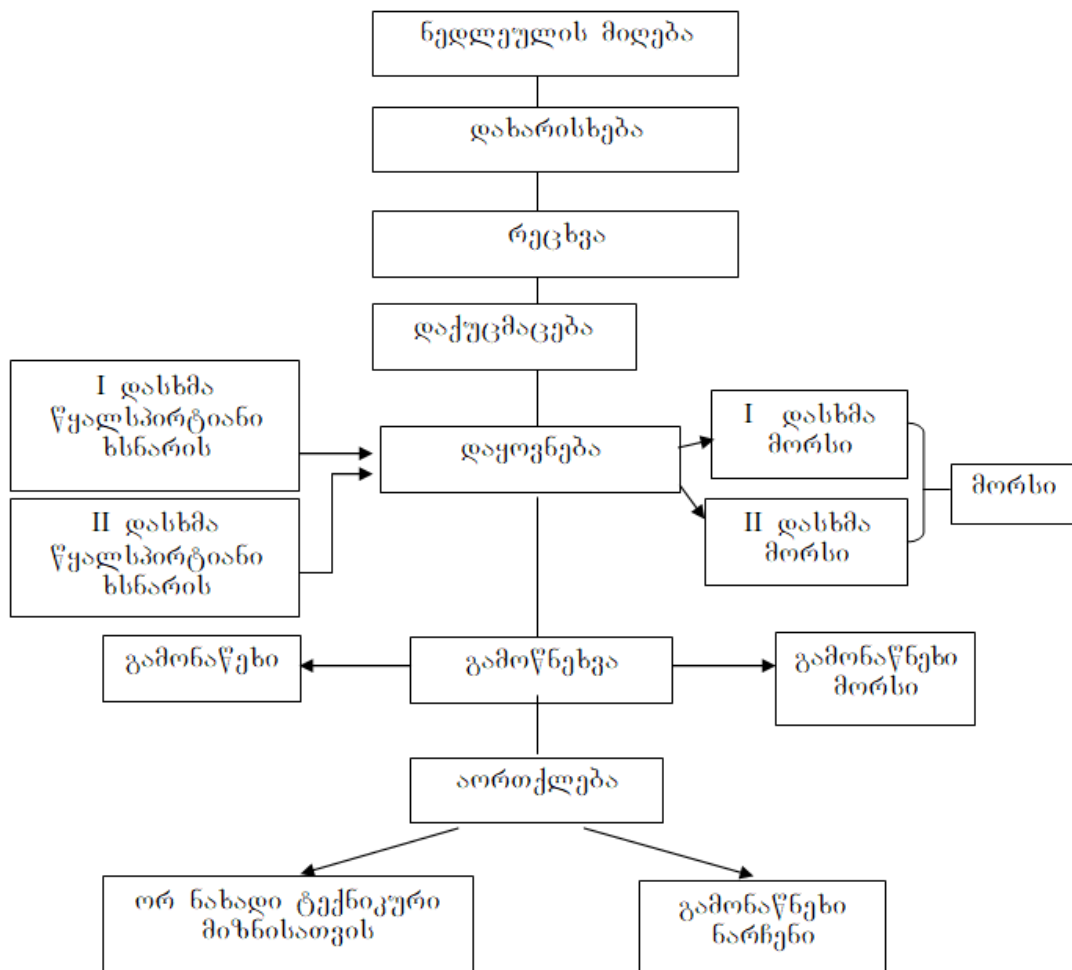
ობიექტის დასახელება	მოდული	ეთანოლის კონცენტრაცია (მოც)%		ექსტრაქციის დრო, 24 სთ.	ტემპერატურა C°
		1 დასხმ	2 დასხმ		
მწვანე კაკლის კანი	1: 1.5	35	30	15	20 C°

მრავალჯერადი ცდების საფუძველზე შევიმუშავეთ ექსტრაქტების მიღების ოპტიმალური პარამეტრები: ეთანოლის კონცენტრაცია, ტენიანობა, დაფქვისა და დაქუცმაცების ხარისხი, ტემპერატურა, ექსტრაქციის მოდული და დაყოვნების კინეტიკა ექსტრაქტული და საღებავი ნივთიერებების მაქსიმალური გამოსავლიანობისა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების მიხედვით.

ლიქიორის მოსამზადებლად გამოყენებულია საქაროზის ნაცვლად ინვერსიული შაქარი. შეიმუშავებულია ინვერსიული შაქრის სიროფის მიღების ტექნოლოგია, რომლის საფუძველზეც ინვერსირდება შაქრის 80%. შაქრის საერთო რაოდენობამ შეადგინა 70%, აქედან ინვერსირებული შაქარია 56%, საქაროზა კი 14%.

ჩატარებული კვლევისა და ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმების დადგენის საფუძველზე შევიმუშავეთ კაკლის ნარჩენიდან მორსების მიღების აპარატურულ-ტექნოლოგიური სქემა.

**მორსების დამზადების ტექნოლოგიური სქემა**



მორსებში შესწავლილი იქნა: ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები და ძირითადი ქიმიური კომპონენტები. მწვანე კაკლის კანისგან მიღებული მორსი შეიცავს – მთრიმლავი ნივთიერებებს 14%, იუგლონს 0,7%, უჯრედანას 22%, ცილებს 17%, ნახშირწყლებს 800მგ/%.

მიღებული მორსების გამოყენებით დამზადებული იქნა მწვანე კაკლის კანის (ნაფცქვენი) საღესურტო ლიქიორი. საღესურტო ლიქიორების დასამზადებლად საკუ-

პაჟე ტურტელში ათავსებენ მორსს, რექტიფიცირებულ ეთილის სპირტს, დარბილებულ წყალს, ინვერსიულ შაქრის სიროფს, ლიმონის მუავას. ყოველი კომპონენტის დამატების შემდეგ ურევინ და ასვენებენ 1,5 თვე. შემდეგ ხდება სადესერტო ლიქიორის გაფილტვრა, ჩამოსხმა, ეტიკეტირება, შეფუთვა.

ჩვენს მიერ დამზადებულ მწვანე კაკლის ლიქიორს ჩაუტარდა დეგუსტაცია, რომელიც შეფასდა უმაღლესი ქულებით.

ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ საკვლევად გამოყენებული ობიექტები მდიდარია როგორც საღებავი, ისე სხვადასხვა კლასის მთელი რიგი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით, რაც საშუალებას იძლევა აღნიშნული კაკლის ნარჩენი უფრო ფართოდ იქნას გამოყენებული სხვადასხვა სახის ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების დასამზადებლად.

შემუშავებულია სადესერტო ლიქიორის მიღების ახალი ტექნოლოგია კაკლის ნარჩენის გამოყენების საფუძველზე. დადგენილია ექსტრაქტების მიღების ოპტიმალური პარამეტრები. საქაროზის ნაცვლად კი გამოიყენება ინვერსიული შაქრის სიროფი.

### ლიტერატურა

1. В. Михалев, А. Михалева Способ получения экстракта зеленых грецких орехов.используемых в лечебных.пищевых (бад)и косметических целях 2010, А. С2442597.2012
2. А. Гюльяхметова и др. Определение и характеристика грецкого и маньчжурского орехов. 2009.
3. ხოსიტაშვილი მ., გორგილაძე მ., ჩაღათაშვილი ს., ოშაყმაშვილი ც., ბუიშვილი გ. წვენიებისა და ნაყენების მომზადება მცენარეული ნედლეულისგან. -თბილისი, 2017.
4. Чиков П. С. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений. \_ -Москва, Картография, 1983, 340с.
5. Бачурин П.Я. //Food Chem Toxicol. 2008 Jul;46(7):2326-31. doi: 10.1016/j.fct.2008.03.017. Epub 2008 Mar 6.
- 6.Трусова С.А. Фертман В.К. Производства спиртованных плодого-ягодных соков и морсов. - М., Пищпроизат, 1985, 99с.
7. Славуцкая Н.И. Технология Ликеро – Водочного производства. Москва изд.- во. “Пиш. Пром” 1972.
8. Бартенов Е.Н. Смирнов В.А. Технология ликеро-водочного производства. -М., Химия, 1975.
9. Славуцкая Н.И. Технология Ликеро – Водочного производства. М. “Легкая и пищевая промышленность”. 1982.
10. Neparidze M., Gelovani N., Gvelesiani I., Metreveli I. „Preliminary tests on extraction substances in walnut fruits of the chandler breed common in western georgia“. /International MIni-Symposium „Bioactive compounds, antimicrobial and biomedical products & materials for protection of human and environment“. May 4-5, 2018.

### SUMMARY

#### PRODUCTION OF DESSERT LIQUEUR FROM THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FROM GREEN WALNUT WASTE

Mamardashvili N.G., Abashidze S.B. and Quridze M.G.

Georgian Technical University

Walnut residue (green walnut skin, waste), which is widely used in the preparation of alcoholic beverages, has been studied in Georgia. Optimal parameters for obtaining high quality extracts from it are determined according to the maximum yield of the extract. From the obtained extracts ecologically pure dessert liqueur is made, which is characterized by green walnut color and pleasant aroma. Invert sugar is used instead of sucrose to prepare the liqueur, which improves the nutritional value.

**Keywords:** green walnut, extraction, fruit drunk, syrup, yuglon.

მცენარეთა ნერგების გამოსაყვანი მრავალჯერადი კონტეინერი

გოცირიძე რ.ი., ლომიძე ნ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**შესავალი**

მცენარეების გაშენება ფართოდ გამოიყენება როგორც სასოფლო სამეურნეო კულტურების, ასევე ტყის და ქალაქების მწვანე მშენებლობისათვის. ყოველივე ამის გათვალისწინებით მნიშვნელოვანია ხე-მცენარეების გაშენება განხორციელდეს სწორად. მწვანე საფარის გასაშენებლად აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა ზომის და ფორმის კონტეინერები, რადგან ხეების გადარგვას კონტეინერით აქვს მთელი რიგი უპირატესობები, რაც უპირველეს ყოვლისა, მდგომარეობს კონტეინერში მოთავსებული ფესვთა სისტემის დაცვაში, რომელიც არ ზიანდება და რჩება თითქმის ხელშეუხებელ მდგომარეობაში. თუმცა ყველაფერი ეს იმ შემთხვევაშია გარანტირებული, თუ გადარგვის პროცესში კონტეინერში არ შეიქმნება არასასურველი რყევები: არ მოხდება კონტეინერში არსებულ ნერგზე მექანიკური ზემოქმედება, რაც გამოიწვევს ფესვების დაზიანებას, მათგან ნიადაგის მოცილებას; გულდასმით და მკვირვად იქნება იგი შეფუთული, ხოლო კონტეინერში არსებული მიწის კომი დაცული იქნება მკვეთრი და ძლიერი დარტყმებისგან. აქედან გამომდინარე კონტეინერებით მცენარეების დარგვა ბოლო დროს მიღებული და გახარების თვალსაზრისით ყველაზე უსაფრთხო მეთოდია.

აქვე უნდა აღინიშნოს რომ კონტეინერით მცენარის გადარგვის მეთოდი შესაძლებლობებს ქმნის მცენარის გადარგვა არ იყოს დამოკიდებული წელიწადის სეზონზე. გადარგვის ვადების გახანგრძლივების გზები და ხერხები აფართოებს მწვანე მშენებლობის პერსპექტივებს, ყველაფერი ეს იძლევა შესაძლებლობას ოპერატიულად გადაწყდეს რთული სამშენებლო საკითხები, უზრუნველყოს სამშენებლო ობიექტების სწრაფი და დროული გამწვანება ხარისხობრივ დონეზე [1].

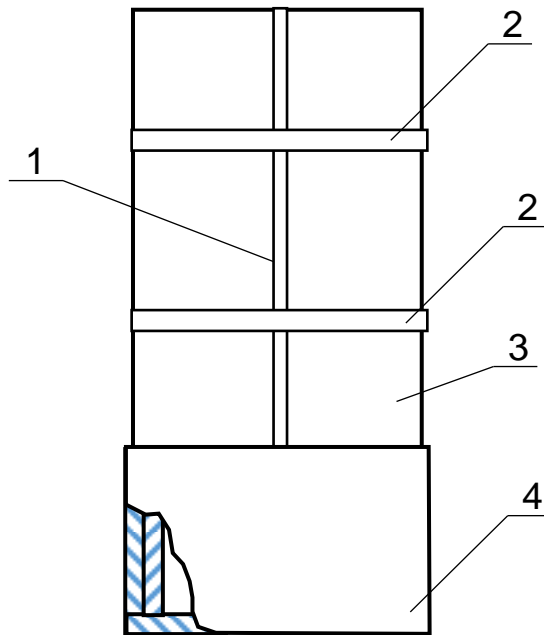
დღეისათვის, მცენარის ნერგებისათვის კონტეინერები (ქოთნები) წარმოდგენილია ძალიან ფართო სპექტრში, რაც საშუალებას გვაძლევს სწორად შევარჩიოთ კონტეინერი ნებისმიერი მცენარისათვის. კონტეინერები იყოფა 2 ტიპად: „ერთჯერადი“ და „მრავალჯერადი“.

**ძირითადი ნაწილი**

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, ჩვენს მიერ კონსტრუირებული მცენარეთა ნერგების გამოსაყვანი „მრავალჯერადი“ კონტეინერის დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასება და მისი უპირატესობის განსაზღვრა სტანდარტულ კონტეინერებთან შედარებით.

საქართველოს პირობებში მცენარეთა ნერგების გამოსაყვანი „მრავალჯერადი“ კონტეინერის დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასება და მისი უპირატესობის განსაზღვრა სტანდარტულ კონტეინერებთან შედარებით ხორციელდებოდა საგარეჯოს რაიონში არსებულ სასათბურე მეურნეობაში და ა(ა)იპ სოფლისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების სააგენტოს დადგენილი მოთხოვნების მიხედვით შერჩეულ მინდორში.

წარმოდგენილ მცენარეთა ნერგების გამოსაყვან „მრავალჯერადი“ კონტეინერის მოდელში აღმოფხვრილია სხვადასხვა ტიპის კონტეინერების ნაკლოვანებები და წარმოადგენს მცენარეთა ნერგების გამოყვანის და ღია გრუნტში გადატანის ეფექტურ საშუალებას.



**„მრავალჯერადი“ კონტეინერი**

1. კონტეინერის გარე ბოლო; 2. სამაგრი; 3. ცილინდრის გვერდითი კედელი;
4. პერფორირებული ძირი

**1. კონტეინერის აღწერა**

კონტეინერს (ნახაზი) აქვს ცილინდრული ფორმა და დამზადებულია დრეკადი ფურცლოვანი მასალისაგან. კონტეინერის გარე ბოლო (1) სამაგრი ელემენტების (2) საშუალებით მიმაგრებულია ცილინდრის გვერდით კედელთან (3) მის გასწვრივ გადნაცვლებისა და ფურცლის გაშლის შესაძლებლობით. აღნიშნული გარემოება კონტეინერის დიამეტრის ცვლილების შესაძლებლობას იძლევა. კონტეინერის მოცულობა რეგულირდება ცილინდრის გვერდითი კედლის (3) პერიმეტრის ცვლილების გზით. ფურცლის გარე ბოლო (1) მთელ სიგრძეზე გადაკეცილია და განივ კვეთში გააჩნია V-ს მაგვარი ფორმა, რაც უზრუნველყოფს კონტეინერის სიხისტის გაზრდას. სამაგრი ელემენტები (2) შესრულებულია ცილინდრის გვერდით კედელზე (3) გარედან ჩამოცმული, მაგალითად, რკინისაგან ან პლასტმასისაგან დამზადებული რგოლების სახით. კონტეინერი დამატებით აღჭურვილია ცილინდრული ფორმის სახსნელი პერფორირებული ძირით (4) [2].

**2. კონტეინერიდან ნერგის ღია გრუნტში გადატანის თანმიმდევრობა (სურათი).**

- ა) გრუნტში კეთდება ცილინდრის სიგრძის (60–70 სმ) შესაბამისი ორმო (1);
- ბ) კონტეინერის ცილინდრს ეხსნება ძირი, ფიქსირდება ხელით, რათა არ მოხდეს ნერგის ჩაცურება და თავსდება ორმოში (2 და 3);
- გ) 10–15 სმ-ის სიმაღლეზე ივსება ორმო ფხვიერი მიწით კონტეინერის დასაფიქსირებლად (4);
- დ) კონტეინერი თავისუფლდება 2 მაფიქსირებელი რგოლისაგან (5 და 6);
- ე) ორმო ივსება მიწით ხდება ცილინდრის ნელ-ნელა ამოღება გრუნტიდან (7 და 8);
- ვ) ნერგთან ახლოს, ისე რომ ფესვი არ დაზიანდეს ხდება ჭიგოს ჩარჭობა ნერგის დასაფიქსირებლად რომ შემდგომში ქარმა არ დააზიანოს, იტკეპნება მიწა და კეთდება სარწყავი ჯამი (9) [3].



კონტეინერიდან ნერგის ღია გრუნტში გადატანის თანმიმდევრობა

დღეისათვის უკვე ათასობით ნერგია გამოყვანილი და გადატანილი ღია გრუნტში, მის უნიკალურობას განაპირობებს უპირატესობები სხვა ქოთნებთან შედარებით. ესენია: ნერგის ასეთნაირად გადარგვა ფესვს იცავს მექანიკური ზემოქმედებისაგან, გარდა ამისა ნერგი არ განიცდის სტრესს, რადგან ორმოში გადადის თავისივე მიწით. აღნიშნული კონტეინერი უზრუნველყოფს ნერგის დაფესვიანებას და მის უვნებლად გადარგვას წელიწადის ნებისმიერ დროს, მისი გამოყენება შეიძლება მრავალჯერადად, ამასთან, მოსახერხებელია მისი ტრანსპორტირება.

**ლიტერატურა**

1. რ. კილაძე ბალ-პარკების მშენებლობა და ექსპლუატაცია. -ქუთაისი, აწსუ, 2013, 240 გვ.
2. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი საქპატენტი, სასარგებლო მოდელზე პატენტის აღწერილობა, GE U 2017 1931 Y.
3. როგორ დავრგოთ ფსტას ნერგი? <https://www.youtube.com/watch?v=eLCvBr2QoI8>

**SUMMARY**

**MULTIPLE CONTAINER FOR PLANT SEEDLINGS**

**Gotsiridze R.I. and Lomidze N.T.**

**Georgian Technical University**

In this article the "multiple container for extracting plant seedlings" patented in Georgia and its advantages over standard analogues is discussed, in which thousands of seedlings have already been planted and moved to the open ground, its uniqueness due to the advantages over other pots is: simplicity of construction; sustainability of construction; motivation of the rapid growth of the plant root system; possibility of watering the plant from below; possibility to reuse the pot; minimal risk of seedling damage during transportation; low cost of construction; high degree of seedling protection; ability to monitor the seedling growth process; ability to transfer seedlings adapted and enhanced to climatic conditions to open ground; cultivation of seedlings, its growth until the seedling matures and effective removal in open ground; in development of artificial forest and perspective of effective use in creation of gardening farms.

**Keywords:** multiple container, endemic, seedling.

## „მრავალჯერადი ბამოყენების ქოთან-კონტაინერი „ჩელენჯერ-მინი“

გოცირიძე რ.ი.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## შესავალი

საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობის წილი მთლიან ფართობში 43,4%-ია (30,3 ათასი კმ<sup>2</sup>), ერთწლიანი კულტურების ნათესი ფართობები 207,1 ათასი ჰექტარია და მრავალწლოვანი ნარგავებით დაკავებული მიწის ფართობი – 109,6 ათასი. ამასთან, ქვეყნის ტერიტორიის 44,8% ტყის ფონდს უკავია [1].

საქართველოს ტყის 95–98 % ბუნებრივი წარმოშობისაა. საქართველოს ტყეში 400-მდე სახეობის ხე და ბუჩქი იზრდება. დენდროფლორის დიდი მრავალფეროვნების მაჩვენებელია ენდემური მერქნიანი მცენარეების სიმრავლე. მათ შორის საქართველოს ენდემია 61 სახეობა, ხოლო კავკასიისა – 43. ტყე განსაზღვრავს წყლის ხარისხს და ამცირებს წყალმოვარდნებისა და წყალდიდობების საფრთხეს ნალექების ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირებით. ის ხელს უშლის ნიადაგის ეროზიის განვითარებას, ამცირებს მეწყრის, ზვავისა და ღვარცოფის განვითარების რისკს და არბილებს მათ ზემოქმედებას. ატმოსფეროდან ნახშირბადის შთანქმით და ტყის მასასა და ნიადაგში მისი შეკავებით ტყე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნახშირბადის გლობალურ ციკლში. ტყის აღდგენა-გაშენება წარმოადგენს სატყეო-სამეურნეო ღონისძიებათა მრავალწლიან ციკლს, რომლის მიზანია ტყის ფონდის ტყით დაუფარავ ფართობებსა და დაბალი სისქირის კორომებში ტყის აღდგენა და გაშენება. აგრეთვე ქალაქების მწვანე მშენებლობაში ფართოდ გამოიყენება ხე-მცენარეების გაშენება, რეკონსტრუქცია [2].

მსოფლიოსათვის მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს მოსახლეობის ეკოლოგიურად სუფთა საკვებით უზრუნველყოფა, რომელშიც მნიშვნელოვანი წილი სასოფლო სამეურნეო პროდუქტებს უჭირავს. ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანია მცენარეების დაცვა, მოვლა და აღდგენა.

## ძირითადი ნაწილი

კონტეინერი „ჩელენჯერ-მინის“ დანიშნულებაა, ნერგის გამოყვანა, შუალედური ჭურჭლის ფუნქციის შესრულება კონტეინერ „ჩელენჯერში“ ნერგის გადატამდე, ასევე იძლევა ნერგის ღია გრუნტში გადატანის შესაძლებლობას.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, კონტეინერის „ჩელენჯერ-მინი“ დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასება და მისი უპირატესობის განსაზღვრა სტანდარტულ კონტეინერებთან შედარებით.

ჩვენს მიერ საქართველოს პირობებში მცენარეთა ნერგების გამოსაყვანი კონტეინერის „ჩელენჯერ-მინის“ დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასება და მისი უპირატესობის განსაზღვრა სტანდარტულ კონტეინერებთან შედარებით ხორციელდებოდა საგარეჯოს რაიონში არსებულ სასათბურე მეურნეობაში და ა(ა)იპ სოფლისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების სააგენტოს დადგენილი მოთხოვნების მიხედვით შერჩეულ მინდორში.

აღსანიშნავია რომ კონტეინერში ნერგის გაჩერების პერიოდი არ უნდა გაგრძელდეს 3 თვეზე მეტხანს, ვინაიდან 3 თვის შემდეგ იზრდება ფესვების დაზიანების რისკი, რამეთუ მაგალითად, ფსტას ფესვის სიგრძე აღემატება მითითებული ვადის შემდეგ კონტეინერის სიმაღლეს (25 სმ) [3].

კონტეინერი არის სტანდარტულ კონტეინერებთან შედარებით თითქმის ორჯერ გრძელი (25 სმ). აქედან გამომდინარე მცენარეს ეძლევა მოტივაცია კარგად განვითაროს მთავარდერძიანი ფესვი. კონტეინერი მსუბუქია (130 გრ.), რაც აადვილებს ტრანსპორტირებას, გადასატან ყუთში (40 X 30სმ), შესაძლებელია მოთავსდეს 110 ცალი კონტეინერი (დატვირთული იწონის დაახლოებით 15 კგ-ს).



აღსანიშნავია თესლის არ გახარების შემთხვევაში, მეორედ დათესვის მარტივი და ეფექტური შესაძლებლობა. კერძოდ იმ შემთხვევაში თუ თესლმა არ გაიხარა, კონტეინერის დაშლა და ზედმეტი დროის ხარჯვა არაა საჭირო, ვინაიდან შესაძლებელია მოიხსნას კონტეინერის ძირი (პლასტმასის თავსახური) დაუყენოთ მეორე ბოლოში (სადაც თესლი მოვათავსეთ), მაფიქსირებელი რეზინის რგოლი გავაცუროთ ღია ბოლოსკენ, რომ მჭიდროდ იყოს კონტეინერის კედლები ერთმანეთთან და ხელახლა მოვათავსოთ თესლი. აღნიშნული დათესვის ხერხი გვაძლევს მეორე შანსს კონტეინერის დაუშლელად დათესვის, არ ხდება გაუხარებელი თესლის ამოღება, რაც ზოგავს დროს, ამცირებს კონტეინერის დაზიანების რისკს და ბუნებრივად ანოყიერებს შიგთავსს.

რაც შეეხება უპირატესობებს კონტეინერი „ჩელენჯერ-მინი“ ხასიათდება:

კონსტრუქციის სიმარტივით;

კონსტრუქციის მდგრადობით;

მისი ფორმა ახდენს მცენარის ფესვთა სისტემის სწრაფი ზრდის მოტივირებას;

იძლევა მცენარის ქვემოდან მორწყვის შესაძლებლობას;

შესაძლებელია მრავალჯერადად გამოყენება;

უზრუნველყოფს ტრანსპორტირების დროს ნერგის დაზიანების მინიმალურ რისკს;

აქვს დაბალი ფასი;

აქვს ნერგის დაცულობის მაღალი ხარისხი;

შესაძლებელია ნერგის ფესვის განვითარების პროცესის მონიტორინგი;

ტყის ხელოვნურ განაშენიანებაში და საბაღე მეურნეობების შექმნაში აქვს ეფექტური გამოყენების პერსპექტივა.

კვლევის ფარგლებში კონტეინერ „ჩელენჯერ-მინის“ საშუალებით 3 ჰექტარი მიწის ფართობზე გადატანილ იქნა 700 ძირი ნერგი, რაც განხორციელდა 100%-იანი წარმატებით (ნერგების ფესვთა სისტემის დაუზიანებლად).

## ლიტერატურა

1. საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო. სტრატეგიული დოკუმენტი. საქართველოს სოფლის მეურნეობის და სოფლის განვითარების 2021–2027 წლების სტრატეგია. 5 გვ.

2. რ. კილაძე ბაღ-პარკების მშენებლობა და ექსპლუატაცია. ქუთაისი: აწსუ, 2013, 240 გვ.

3. ლ. დათეშიძე, ვ. შენგელია ლ. შენგელია, ა. შენგელია. დავით-გარეჯის ბაზაზე ფისტის წარმოებისათვის საქართველოში. -თბილისი 2010, 33გვ.

[http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis\\_Bazaze\\_Fistis\\_Warmoebisatvis.pdf](http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis_Bazaze_Fistis_Warmoebisatvis.pdf)

## SUMMARY

### REUSABLE POT-CONTAINER „CHALLENGER – MINI”

Gotsiridze R.I.

Georgian Technical University

In this article the reusable container „Challenger-Mini“ and its advantages over standard analogues is discussed. Results obtained using „Challenger – Mini“: Container "Challenger-Mini" provides rooting the seedlings and its safe transplanting at any time of the year, it is easy to transport, it is easy to make and cheap, it can be used many times, the risk of damage of the seedling during transportation is minimized, permanent monitoring and corrections can be made. Within the today's research through the container „Challenger-Mini“ 700 seedlings moved to the 3 hectares of the land, which bloom was in 100%.

**Keywords:** reusable container „Challenger-Mini“, seedling.

## РОЛЬ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ТОКСИНОВ ГРИБОВ В ПАТОГЕНЕЗЕ

Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М., Чачхиани Н.Р.

Научно-исследовательский центр министерства сельского хозяйства Грузии  
Грузинский Технический Университет  
Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси

В современной фитопатологии наиболее интересными для исследования стали вопросы узнавания патогенов хозяином и специфичности патогенов. Недавно предложено несколько биохимических механизмов, объясняющих аллелопатические взаимодействия патогенов и растений-хозяев.

Один из наиболее логичных подходов к выяснению процессов, происходящих на молекулярном уровне при успешном заражении хозяина, – это изучение специфических по отношению к хозяину токсинов. Специфичные для хозяина токсины можно рассматривать как факторы распознавания.

Изучение токсинов в течение двух последних десятилетий значительно расширило наши представления о физиологическом и биохимическом действии токсинов на поражаемые растения-хозяева. Однако, чтобы более глубоко понять процессы, происходящие на посевах сельскохозяйственных культур, необходима более широкая информация о практических сторонах, чем та, которой мы располагаем.

Известно, что у гриба *Alternaria alternata* специфичная токсичность по отношению к хозяину положительно коррелирует с его патогенностью [1-3]. Особого внимания заслуживают токсины, выделяемые при прорастании спор вирулентных изолятов, но не авирулентных. Первое сообщение об этом относится к 1965г. и принадлежит Нисимура и Шефферу [4], которые установили, что вирулентные споры *Helminthosporium victoriae* выделяли токсин через 3 часа после прорастания на предметных стёклах или на тканях овса. По мнению этих авторов, подобный способ образования токсина, видимо, необходим на начальных стадиях взаимодействия *H. victoriae* с тканями овса. Несколько позднее Йогер и Шеффер [5], предложив эту работу, показали, что споры авирулентного мутанта *H. victoriae* или некоторых непатогиенов, нанесённые на листья восприимчивого сорта овса одновременно с HV-токсином, при прорастании заражают листья так же, как и вирулентные споры. Этот важный момент, по-видимому, указывает на то, что образование токсина должно происходить перед внедрением гриба, чтобы индуцировать совместимые реакции только у восприимчивых хозяев и далее обеспечит восприимчивость. Такие же результаты были получены при заражении *A. alternata* для АК –токсина из патотипа с груши, АМ-токсина из патотипа с яблони [1], АF- токсина из патотипа с земляники и АТ-токсина из патотипа с табака [6].

Известно, что грибы вызывающие усыхание плодовых, в процессе обмена веществ выделяют токсические вещества, которые обуславливают их патогенность [7].

Современные представления о специфических токсинах получены почти исключительно на факультативных паразитах, таких как *Alternaria* и *Helminthosporium*.

В настоящее время известные специфичные токсины *Alternaria* названы АМ-, АС-, АК-, АF-, АТ- и АL токсинами.

Все патогены *Alternaria*, образующие такие токсины можно отнести к виду *Alternaria*. Однако каждый патоген имеет определённый и ограниченный круг хозяев и патогенен для одного или немногих растений. Таким образом, можно отличить один тип патогена от другого.

Заражение *Alternaria* зависит от присутствия специфического токсина, и имеющиеся данные в какойто мере позволяют предварительно интерпретировать потенциальную роль этого токсина в развитии болезни.

Однако, в лабораторных условиях полевые изоляты этих патотипов часто теряют специфичную вирулентность и способность продуцировать токсин и возвращаются к состоянию обычных сапрофитов *A. alternata*, не отличающихся по своему типу. Культуры быстро снижают вирулентность при последовательных пересевах на любой среде, особенно при высоких

температурах. Что происходит в природе, до сих пор остаётся загадкой. На этой стадии можно допустить, что нестабильная вирулентность грибов поддерживается на множестве восприимчивых культур и, видимо существует давление отбора, благоприятное для высоко вирулентных форм.

Упомянутые выше патогенные изоляты *Alternaria* не отличаются по морфологии конидий, но каждый изолят характеризуется специфичной вирулентностью или специфичным образованием метаболитов. Это означает, что мутация, приводящая к потере токсина, в свою очередь, приводит и к сапрофитному состоянию. Кроме того, некоторые сапрофитные *A. alternata*, существующие в природе, могут обладать наследственными потенциями, которые проявляются только на проходящем хозяине и в соответствующих условиях. Если это верно, то при благоприятных культурных условиях в большой популяции сапрофитных *A. alternata*, видимо, удастся обнаружить спонтанный мутант, образующий токсин.

Для обнаружения и выделения такого мутанта разработана биопроба. Свежесобранные листья с восприимчивых и устойчивых растений груши и яблони, опрыснули суспензией сапрофита *A. alternata* и инкубировали во влажной камере. Контролем служили опрыснутые дистиллированной водой и также инкубированные листья. Через несколько дней только на восприимчивых листьях иногда появлялись мелкие чёрные некротические пятна. Некоторые изоляты, полученнные из пятен на листьях восприимчивого сорта груши, напоминали патотип *A. alternata* с груши, уже известный своей специфичностью для хозяина и способностью продуцировать токсин. Присутствие АК-токсина в культуральных фильтрах этих изолятов подтверждено биопробой на листьях. Ни один из этих изолятов не был патогенен на листьях устойчивого сорта груши.

Мутанты, образующие АМ-токсин, были изолированы как и мутанты с АК-токсином, из листьев восприимчивого сорта яблони после опрыскивания их сапрофитными спорами. Оказалось, что эти изоляты идентичны патотипу *A. alternata* с яблони, так как они обладали специфичной патогенностью, а их культуральные фильтраты отличались специфичной токсичностью для хозяина.

При опрыскивании листьев восприимчивого сорта яблони спорами патотипа *A. alternata* с груши получили мутанты с двойным токсином, которые давали в культуре АК- и АМ-токсины и были одинаково патогенны как для яблони, так и для груши. Когда каждый мутант, выделённый в трёх вышеописанных опытах, был проведён несколько раз через искусственные питательные среды, большая их часть теряла свою способность продуцировать токсин.

Таким образом, в сапрофитной популяции *A. alternata*, очевидно, появлялись мутации, обеспечивающие патогенность. По-видимому токсины – это основные факторы, управляющие патогенностью или вирулентностью, так как мутирование в сторону появления токсина приводит к приобретению патогенности, тогда как мутация на потерю токсина ведёт и к потере патогенности.

В результате успешного выявления образующих токсин мутантов на поверхности листьев хозяина на проявление токсинообразования у сапрофитных спор *A. alternata* Это обусловило положительную оценку метода биопробы на листьях, применённого в нашей работе. Для ответа на вопрос провели массовый скрининг спор *A. alternata* в чашках Петри с питательным агаром. Приблизительно тысячу колоний переселили в пробирки с жидкой средой Рихарда и 10-дневные культуры испытали на патогенность и образование токсина. В результате был получен один мутант с АК-токсином и два мутанта с АМ-токсином.

Следовательно, поверхность растения-хозяина не оказывает влияния на развитие или проявление токсин образующих мутантов. По-видимому, для объяснения мутаций необходимо допустить, что в нашем первоначальном инокуюме уже содержались продуценты токсина.

В вышеописанных результатах надо подчеркнуть два важных момента, Во первых, способность давать специфичный токсин может быть неограниченной, или же зависит от благоприятных обстоятельств. Если в посеве присутствуют восприимчивые к токсину растения, свойство токсинообразования может экологически усилить пригодность данных патотитов. Если благоприятные условия отсутствуют, способность к токсинообразованию может исчезнуть полностью, не проявившись. Во-вторых, в природе не обнаружены продуценты двойных (АК и АМ) токсинов. Возможно, в будущем интенсивные исследования покажут наличие такого сме-

шанного патотипа в посадках груши или в местах произрастания смешанных посадок яблони и груши. В любом случае, успешное выявление токсигенных мутантов в предлагаемых сапрофитных культурах *A. alternata* привлекает наше внимание к механизмам ответственным за возникновение патогенных форм из сапрофитных. Такое явление может иметь большое практическое значение.

Сезонные изменения количества переносимых воздухом спор патотипа *A. alternata*, вызывающего чёрную пятнистость листьев и плодов груши, изучали в посадках восприимчивых и устойчивых сортов груши, измеряя их способность продуцировать АК-токсин. Оказалось, что споры *A. alternata* в садах с восприимчивым сортом не всегда патогенны для груши.

Физиологическое действие специфических для хозяина токсинов *Alternaria* зависит от хозяина, это было доказано на примере нескольких токсинов. У восприимчивых растений АС-, АФ- и АК- токсины сразу вызывают изменение свойства цитоплазматической мембраны, а АМ-токсин действует как на мембрану цитоплазмы, так и на мембраны хлоропластов. Очевидно, первые три токсина имеют один сайт действия, в то время как у АМ-токсина их значительно больше. Иной тип реакции отмечен на листьях восприимчивого сорта томата. Такие нарушения появляются только при действии токсина на восприимчивые ткани.

Однако, с точки зрения патологии, эти токсины не убивают клетки хозяина до внедрения гриба, а только воздействуют на их жизненную активность. Это наводит на мысль, что в восприимчивых растениях специфические для хозяев токсины подавляют механизмы общей устойчивости.

Данная концепция станет более понятной при изучении изменения чувствительности тканей хозяина в условиях тёплого стресса.

Листья восприимчивого сорта груши, подвергнутые тепловому шоку (например, водой при 50°C в течение 10 сек.), полностью теряли чувствительность к АК-токсину, но становились более восприимчивыми к патотипу *A. alternata* с груши. Кроме того, они были восприимчивы даже к авирулентным и сапрофитным изолятам *A. alternata*. В то же время, тепловой стресс не менял исходной нечувствительности листьев устойчивых сортов к токсину, но они теряли устойчивости к патогену. Более того, даже авирулентные и любые другие изоляты *A. alternata* могли проникать в ткани, о чём свидетельствовали чёрные некротические пятна на обработанных листьях. Изменения, происходившие в ответ на тепловой стресс, были обратимыми, и ткань листа восстанавливала свою первоначальную реакцию в течение 12ч. после обработки.

Выше приведённые данные можно интерпретировать как два разных явления: потеря чувствительности к токсину у восприимчивых тканей и снижение устойчивости как восприимчивых, так и устойчивых тканей может происходить одновременно.

Другими словами, чувствительный к токсину сайт, существующий только в восприимчивой ткани, и активирующий устойчивость сайт в восприимчивых и устойчивых тканях могут изменяться независимо друг от друга при умеренном нагревании. Если такая интерпретация вышеуказанных факторов верна, то АК-токсин, по-видимому, играет определённую роль в успешной колонизации тканей хозяина патогенами и действует постепенно: оказывает влияние на чувствительные к токсину органеллы клетки, изменяет их физиологическую функцию и в конце концов подавляет индукцию устойчивости к болезни.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kohmoto K., Khan I.D., Renbutsu T., Tanguhi T., and Nishumara S. Multiple host-specific toxins of *Alternaria mali* and their effect on the permeability of host cells. //Physiol. Plant Pathology. 1976, pp. 141-153.
2. Donal J. and Dickinson C.H. Pathogenicity of *Alternaria* and *Cladosporium* isolates on phaseolis. Trans. Br. Mycol. Soc. 1980, 74, pp. 335-342.
3. Takashi Tsuge, Yoshiaki Harimoto, Kazuya Akimitsu, Kouhei Ohtani, Motoichiro Kodama, Yasunori Akagi, Mayumi Egusa, Mikihiro Yamamoto, Hiroshi Otan. Host-selective toxins produced by the plant pathogenic fungus *Alternaria alternata*. FEMS Microbiology Reviews, Volume 37, Issue 1, January 2013, pp. 44–66.
4. Nishumura S. and Schaeffer R. P. Interaction between *Helminthosporium victoriae* spores and oat tissues. //Phytopathology, 1985, 75, pp. 629- 634.
5. Yoder O.C and Schaeffer R. P. Role of toxin in early intertans oat tissues. //Phytopathology, 1989, 76, pp. 1954-1959.

6. Kohmoto K., Hoshotani Y., Otani H., Nishumara S. Isolation and purification of host-specific toxins from *Alternaria alternata* causing brown spot of tobacco. / Proc. Annual Meeting of Phytopathol. Soc. 1981, N 2, pp. 27-31.
7. Канчавели Ш.С. Патология трахеомикозного усыхания плодовых и биологические основы повышения их устойчивости: Дис. На соискание уч. Ст. Докт. Сельскохозяйственных наук. Тбилиси: Ин-т Защиты раст. 1998, 300с.

#### **SUMMARY**

#### **THE ROLE OF FUNGAL SPECIFIC TOXINS IN PATHOGENESIS**

**Kanchaveli Sh.S., Pavliashvili K.M. and Chachkhiani N.R..**

**Scientific Research Center of Georgian Ministry of Agriculture**

**Technical University of Georgia**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

The ability of creating specific toxins by pathogenic groups of fungus *Alternaria alternata* has been studied. It has been determined that the natural isolators of these pathological types lose their specific virulence and the ability of creating toxins in laboratory conditions. In addition, the fungus develops toxin creating mutant in favorable conditions, i.e. specific virulence of pathological types depends on the host specific toxins of the plant. Field experiments revealed natural mutation of usual saprophytic types to the toxin creating types regardless of permeable plants. Thus, *A. alternata* creates specific toxins which cause the gradual decrease of plant resistance mechanism, accordingly promoting the process of pathogenesis.

**Keywords:** pathogen, fungus *Alternaria alternata*, plant disease.

## ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ РАСТЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ПАТОГЕНАМИ

Канчавели Ш.С., Павлиашвили К.М.

Научно-исследовательский центр министерства сельского хозяйства Грузии  
Грузинский Технический Университет

Предварительная инокуляция растений авирулентными или несовместимыми расой или штамом патогена часто даёт начало серии биохимических изменений, которые индуцируют в месте взаимодействия устойчивости к вирулентному или совместимому патогену. Широкое изучение молекулярной основы такой индуцированной устойчивости показало, что в её проявлении участвуют фитоалексины и другие низкомолекулярные соединения, образующиеся в месте взаимодействия. Этот тип динамической реакции наряду с другими физическими и химическими барьерами входит в механизмы защиты, которые растения приобрели в процессе эволюции и которые определяют тот факт, что устойчивость в природе является правилом.

Следовательно, вирулентные или совместимые патогены должны были приобрести способность не только преодолевать статические защитные барьеры, но и подавлять действие генов устойчивости или делать их неэффективными. Однако, за исключением роли специфических токсинов в патогенезе, механизм индуцированной восприимчивости как положительной функции патогенов не исследован столь широко, как индуцированная устойчивость. Давно известно, что растения, предварительно инфицированные вирулентным патогеном, приобретают восприимчивость к слабовирулентным патогенам или не патогенным организмам, и это явление получило название предрасположенности, индуцированной восприимчивости или приобретенной восприимчивости. Подобный тип индуцированной восприимчивости позволяет предполагать, что патогены активно подавляют механизмы защиты хозяина с целью установления псевдосимбиотической ассоциации с клетками хозяина; это и привело нас к концепции доступности.

В природе часто существует случай синергизма, во время которого происходит появление восприимчивости растений (1-4).

При вирусных болезнях взаимодействие патогена и клетки хозяина значительно более прямое, чем при бактериальных и грибных болезнях, и может быть охарактеризовано как геномное. Взаимодействие между разными штаммами вирусов можно подразделить на три группы: 1. Нет явного эффекта; 2. Антагонистические взаимодействия; 3. Синергические взаимодействия. Варируя условия эксперимента, даже в одной комбинации вирус-хозяин можно наблюдать эти три фазы.

Синергические взаимодействия, обнаруживаются на уровне как концентрации вируса, так и проявления симптомов. Если растения томатов инокулировали вирусом Х картофеля (ХВК) и вирусом табачной мозаики (ВТМ), концентрация ХВК была в несколько раз выше, чем в растениях, инокулированных только ХВК, в то время как концентрация ВТМ снижалась наполовину или на треть. Концентрация ХВК не возрастала, если инокуляцию ВТМ проводили намного раньше, и это показывает, что метаболические изменения во время размножения ВТМ важны для усиления размножения ХВК.

Концентрация ХВК в листьях табака возрастает также при совместной инокуляции с УВК (вирус Y картофеля), т.е. УВК явно способствует системному распространению ХВК при условии, что температура инкубации благоприятна. Дальнейшие опыты по размножению ХВК в листьях табака показали, что синтез патогена усиливается в присутствии УВК или ВТМ в одной и той же клетке.

Наиболее убедительное подтверждение индуцированного совместимого взаимодействия получено при изучении таких инфекций, при которых непатогенные вирусы размножаются в поддающихся определению количествах в листьях, дважды инокулированных вирулентным вирусом. Если листья ячменя инокулировали ВТМ вместе с вирусом штриховатой мозаики ячменя или вирусом костра, размножения ВТМ, в иных случаях очень слабое, заметно усиливалось и становилось системным. По нашему мнению, это означает возможное влияние вируса-помощника на рост и развитие растения хозяина, предрасполагающее к системному распространению ВТМ.

Хорошо известно, что при бактериальных болезнях вирулентность зависит от способности патогенов довести популяцию в ткани хозяина до уровня, достаточного для появления характерных симптомов. Как и при вирусных болезнях, у растений инокулированных смесью вирулентной и авирулентной или патогенной бактерий, обычно появляются более слабые признаки поражения, чем при инокуляции одним вирулентным штамом. В некоторых случаях, однако, заражение смешанным инокуломом приводит к синергическому эффекту и сопровождается более выраженными симптомами, чем индивидуальное заражение.

Синергизм наблюдали при окаймленной пятнистости фасоли. Присутствие *Achromobacter sp.* в инокулюме привело к образованию большего числа пятен и усиленному размножению *Pseudomonas phaseolicola* в инокулированных первичных листьях, хотя популяция *Achromobacter* в листьях не возростала.

Установлено, что популяции авирулентных штамов *Erwinia amylovora* в побегах яблони увеличивались при совместной инокуляции с вирулентным штамом. Авирулентные штамы *E. amylovora* и *E. herbicola* защищали восприимчивые побеги яблони от заражения.

Вирулентность штамата уменьшается при условии, что антагонисты были добавлены в инокулюм в большом количестве. Однако, когда устойчивый к стрептомицину авирулентный штам *E. amylovora* смешали с вирулентным штамом в отношении 1:1 и использовали для инокуляции молодых черешков восприимчивого сорта, оба штамата размножались одинаково.

Оказалось, что возбудители мучнистой росы ячменя и пшеницы образуют конидии на своих нехозяинах, если листья предварительно инокулированы совместимой расой. Доступность, индуцированная заражением совместимой расой *E. graminis*, была эффективна не только для несовместимых рас этого гриба или других мучнисторосяных грибов, например *E. graminis* и *Sphaerotheca fuliginea*, но и для некротрофных непотагенов, например для *Mycosphaerella melonis* и *Glomerella cingulata*.

Микроскопическое наблюдение за реакцией живых эпидермальных клеток пшеницы на расы *E. graminis* подсказывает путь, каким устанавливается доступность для инфекции. Известно, что промембранатические агрегаты образуются под кончиком аппрессория к моменту внедрения через 10-11 часов после инокуляции, и исчезают с появлением гаустории, обычно через 2-3 часа после начала её развития. Следует заметить, что некоторые пропагулы совместимой расы не формировали гаустории, а некоторые несовместимые успешно образовали функционирующую гаусторию.

Трудно точно определить отдельные процессы, которые ведут к такому успеху или неудаче, поскольку реакции весьма непостоянны и даже поведение клеток под недоразвитыми аппрессориями варьирует от отсутствия заметного противодействия до образования папиллы нормальных размеров. Тем не менее микроскопическое исследование внутреннего эпидермиса колеоптилей пшеницы, инокулированных конидиями *E. graminis f. sp. hordei* и *E. graminis f. sp. tritici* показывает, что успешное или неудачное становление совместимых и несовместимых комбинаций может определяться скоростью, степенью, продолжительностью и, вероятно, временем инициации цитоплазматических агрегатов.

Роль папилл в защитных механизмах остаётся предметом споров, и всё же папиллы могут развиваться достаточно рано, чтобы функционировать как барьер при быстром и экстенсивном образовании цитоплазматических агрегатов. Агрегаты исчезают или рассеиваются, когда гриб образует функционирующую гаусторию, но сохраняются до тех пор, пока не образуются крупные папиллы, если гриб не способен к образованию гаустории.

Следовательно, совместимые или даже образующий гаусторию несовместимый гриб могут иметь некоторые механизмы, замедляющие или подавляющие образование агрегатов, вероятно, путём нарушения присущей клеткам способности распознавать чужеродные тела. По этому совместимые расы должны: 1. Избавиться от действия конститутивных соединений; 2. внедриться до того, как образуется папилла высокой плотности, укрепленная флуоресцирующими соединениями; 3. подавить агрегацию цитоплазмы; 4. подавить синтез фитоалексинов, быть нечувствительными к ним или разлагать фитоалексины; 5. Подавить гибель мезофилла.

Процессы в клетке, ведущие к её доступному или недоступному состоянию, необратимы. Эксперименты с тройной инокуляцией показали, что ставшие доступными клетки не распознаются даже не патогенами, например грибом с дыни, как несовместимые. Наоборот,

листья, у которых была индуцирована недоступность, при последующем взаимодействии с совместимой расой реагировали более обширным некрозом, чем при взаимодействии с несовместимой расой.

Подобная же необратимость распознавания отмечена при корончатой ржавчине овса. Проявление устойчивости листьев овса к несовместимой расе *Puccinia coronate* ослабевало при обработке совместимой расой в пределах 8ч несовместимого взаимодействия. Однако заметного эффекта не было, если несовместимое взаимодействие продолжалось 12ч или более перед инокуляции совместимой расой. Листья овса с индуцированной устойчивостью, т.е. после 12ч несовместимого взаимодействия, распознавали инокулированную затем совместимую расу как несовместимую, что привело к усиленной реакции устойчивости. Эти результаты чётко показывают, что совместимая раса обладает способностью, как у мучнисторосяных, подавлять этот индуцированный механизм устойчивости, прежде чем он достигнет необратимого состояния.

Предварительная инокуляция листьев овса совместимой расой возбудителя корончатой ржавчины действительно индуцировала доступность для несовместимой расы. Это индуцированная доступность эффективна по отношению к патогенам овса, таким как *Uromyces alopecuri* и *Puccinia graminis*.

Таким образом, инфекции независимо от типа этиологии могут быть определены как геномная комплементация между клетками хозяина и паразитом для псевдосимбиотической ассоциации как основа патогенеза. Биохимические подходы к истинной способности патогенов задерживать действие защитных механизмов хозяина дают не только глубокое понимание патогенеза, но и наиболее обещающую стратегию борьбы с болезнями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ouchi S.; Oku H.; Hibano C. and Akiyama J. Induction of accessibility and resistance in leaves of barley by some races of *Erysiphe graminis*. //Phytopathol. Z. 1974 a, pp. 24-34.
2. Kanchaveli Sh., Keshelava R., Kikozia K. Ability of *Fusarium lateritium* to excrete toxic substances. //Proc. Georgian Acad. Sci., Bio. Ser. B 2007, №2, V.5, pp.75-78.
3. Yarwood C.E. Modification of the host response predisposition. In: R. Heitefuss, and P.H. Williams (eds). //Physiological Plant Pathology. 1976, pp. 703. 718.
4. Канчавели Ш.С. Перекрёстная защита растений. //Georgian Engineering News, 2015, №4, pp.135-137.

#### SUMMARY

##### ACCEPTABILITY OF PLANT DISEASES CAUSED BY PATHOGENS

Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.

Scientific Research Center of Georgian Ministry of Agriculture

Technical University of Georgia

It has been established that the interaction of pathogens and patron plants causes acceptability of plant diseases that determines the concept of pest availability. According to this concept, different pathogens – viruses, bacteria and fungus are more often active to decrease the mechanism of plant protection for establishing a pseudobiotic relationship to it. Synergistic dependence among several pathogens has also been determined which reveals not only the intensity of pathogens, but the manifestation of disease symptoms as well.

**Keywords:** pathogen, patron plant disease, virus, bacteria, fungus.



საქართველოს ტორფებში ჰუმინის მჟავების შემცველობა

სუსიშვილი ნ.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბოლო წლებში თანამედროვე აგროწარმოება ბევრ ქვეყანაში მიმართულია მაღალხარისხიანი მოსავლის მიღებასთან ერთად აგროეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებისკენ. ფართოდ ინერგება ეკოლოგიურად უსაფრთხო, მაღალი ეფექტურობის მქონე ბიოლოგიურად აქტიური პრეპარატები, რომელიც წარმოებულია ბუნებრივი ნედლეულის საფუძველზე და მის წარმოებაში მინიმალურად არის გამოყენებული ქიმიური ნივთიერებები. ასეთი პრეპარატების ერთ-ერთ ჯგუფს წარმოადგენს ტორფიდან გამოყოფილი ჰუმინის პრეპარატები [1-3]. მრავალი მკვლევარი აღნიშნავს ჰუმინის პრეპარატების დადებით გავლენას სასოფლო სამეურნეო კულტურებზე. მათი ზემოქმედება მცენარეებზე მრავალმხრივია: გააჩნიათ ფიზიოლოგიურად აქტიური, ანტიბიოტიკული თვისებები – ამცირებენ პესტიციდების უარყოფით ზემოქმედებას, ბლოკირებას უკეთებენ ნიადაგებიდან მძიმე მეტალების მცენარეში შეღწევას, ამაღლებენ მცენარის მდგრადობას გარემოს უარყოფით ფაქტორებზე – გვალვაზე, დაბალ ტემპერატურაზე, გააჩნია ფიტოპროტექტორული თვისებები [4,5]. არის მცდელობები ტორფის საფუძველზე მიღებული პრეპარატების გამოყენება მედიორანტების ნაცვლად დეგრადირებული ნიადაგების თვისებების გაუმჯობესებისათვის [6]. მრავალი მეცნიერი უთითებს ჰუმუსოვანიმუაგების მეცხოველეობაში გამოყენებაზე [7,8].

ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა საქართველოს ზოგიერთი ტორფის საბადოდან აღებულ ტორფში ჰუმინისმჟავების შემცველობა, ქიმიური შედგენილობა და მძიმე მეტალების არსებობა, რათა შემდგომში გაგვეგრძელებინა პრეპარატების ფიზიოლოგიური თვისებების შესწავლა.

შესწავლილია 5 საბადოს ტორფი: დმანისის, თიანეთის (სოფელ ტოლთასოფელი), პალიასტომის საბადოდან 2 ნიმუში, ზუგდიდის (სოფელი ურთა).

მომზადებულ ნიმუშებში იქნა განსაზღვრული pH, მოძრავი P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, საერთო აზოტი, ორგანული ნახშირბადი, ნაცრის შემცველობა, ჰუმინის მჟავები, საერთო კალიუმი და მიკროელემენტები: რკინა, სპილენძი, მანგანუმი და თუთია. მონაცემები მოყვანილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. საქართველოს ზოგიერთ ტორფში ჰუმინისმჟავების შემცველობა და ქიმიური შედგენილობა

№	ტორფის აღვნიშვნა	pH	მოძრავი P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K მგ/კგ	საერთო აზოტი %	ორგანული C %	ნაცრის შემცველობა %	ჰუმინის მჟავები %	მიკროელემენტების საერთო შემცველობა მგ/კგ			
									Mn	Fe	Cu	Zn
1	დმანისის ტორფი	5,27	0,07	357,00	0,66	62,7	2,63	13,7	29,49	3,45	1,84	3,83
2	თიანეთის ტორფი	6,65	0,12	164,77	0,54	63,5	4,57	2,67	61,35	1,57	1,70	3,40
3	პალიასტომის 1 საბადო	6,85	0,14	489,00	0,28	80,0	2,22	5,19	18,32	4,10	4,48	3,95
4	პალიასტომის 2 საბადო	5,43	0,08	386,33	0,52	71,2	4,43	6,78	28,15	3,66	6,86	23,78
5	სამეგრელოს ტორფი სოფ. ურთასთან	3,92	0,07	353,33	0,65	51,2	7,72	6,53	1,46	0,66	0,93	2,60

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ყველა ტორფის ნიმუშები მუავე ბუნებისაა. განსაკუთრებულად მაღალი მუავიანობით გამოირჩევა ურთას საბადოს ტორფი (pH=3,92), ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ მიკროელემენტების შემცველობა ამ ტორფში ყველაზე დაბალია. ამჟამად დასავლეთ საქართველოში, მათ შორის ზუგდიდის რაიონში, აქტიურად მიმდინარეობს საქართველოსთვის ახალი კულტურის – მოცვის გაშენება. ცნობილია, რომ ერთერთ მთავარ მოთხოვნას აღნიშნული კულტურა უყენებს ნიადაგის არის რეაქციას – ის უნდა იყოს pH 4–5,6 ფარგლებში. უფრო მაღალი pH მქონე ნიადაგებზე მოცვი კინდება და მისი მოსავლიანობა საგრძნობლად მცირდება. აგრონომები იძულებულები არიან სხვა და სხვა მელიორანტების (კოლოიდური გოგირდი, რკინის სულფატი, ტორფი და სხვ.) მეშვეობით განახორციელონ ნიადაგის შემუავება, რისთვისაც იყენებენ საზღვარგარეთიდან შემოტანილ ძვირად ღირებულ მელიორანტებს. ჩვენი აზრით, საინტერესო იქნება აღნიშნულ სამუშაოებშიადგილობრივი ტორფის (ურთას საბადო) გამოყენება.

ორგანული ნახშირბადის (C) შემცველობა ტორფის ყველა ნიმუშში მაღალია, ნაცრის კი – დაბალი. ჩვენს მიერ აღებული ნიმუშები მიეკუთვნება მცირე (ნაცრის შემცველობა <5%) და საშუალო (ნაცრის შემცველობა არ აღემატება 20 %) ნაცრიანობის მქონე ტორფებს. ჰუმინისმუავეების შემცველობის მიხედვით ყველაზე დაბალი შემცველობა დადგინდა თიანეთის 2,67 % (ს. ტოლთასოფელი), ყველაზე მაღალი კი დმანისის ტორფში 13,7 %. მონაცემების გათვალისწინებით პერსპექტიულია კვლევები ჩავატაროთ დმანისის და პალიასტომის საბადოებზე. მცენარეზე ჰუმინის მუავის დადებითი გავლენა დაკავშირებულია მის აგებულებაზე და მასში აქტიური ფუნქციონალური ჯგუფების შემცველობაზე [9]. საინტერესოა, ტორფიდან გამოყოფილი ჰუმინის მუავეების ფიზიოლოგიური გავლენა მცენარეებზე და არა რაოდენობრივი მაჩვენებელი, ამიტომ კვლევები უნდა ჩატარდეს ყველა არსებულ ნიმუშში.

ჰუმინის მუავის აგებულების და ფიზიოლოგიური თვისებების შენარჩუნება და შემდგომი მოდიფიკაცია დამოკიდებულია ტორფიდან გამოყოფის მეთოდზე. საწყის ეტაპზე ჰუმინის პრეპარატების გამოყოფა კონონოვა-ბელჩიკოვას მეთოდით განხორციელდა (ცხრ. 1), რომლის დროსაც ტორფის დამუშავება ხდება ნატრიუმის პიროფოსფატის ფუძე ხსნარით (pH = 8,5). მეთოდი იძლევა საშუალებას ნიმუშის ერთჯერადი დამუშავებით გამოიყოს ჰუმინის მუავის თითქმის მთელი რაოდენობა. მეთოდს გააჩნია უარყოფითი მხარეც, მაღალი pH გამო აუცილებლად უნდა შეიზღუდოს საექსტრატციო ჭურჭელში ჰაერის შეღწევა, რათა არ მოხდეს ჰუმინის მუავის ჟანგვა. ჟანგვის გამო მოსალოდნელია მოხდეს ფუნქციონალური ჯგუფების ცვლილებები და არააქტიურ ფორმაში გადასვლა. რის გამოც პრეპარატების მცენარეზე ფიზიოლოგიური გავლენა იქნება დაქვეითებული. მკვლევარების აზრით, მაქსიმალურად უცვლელი ჰუმინის მუავის პრეპარატების მიღება შესაძლებელია მექანიკური მეთოდებით – ულტრაბგერითი დანადგარებით [10]. ჩვენ გამოყავით ტორფიდან ჰუმინისმუავეები ულტრაბგერითი აბაზანას მეშვეობით. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

**ცხრილი 2 ულტრაბგერითი და კონონოვა-ბელჩიკოვას მეთოდებით ტორფიდან გამოყოფილი ჰუმინის მუავეების რაოდენობრივი შედარება**

№	ტორფი	ორგანული C %	ჰუმინის მუავეები გამოყოფილი ულტრაბგერითი მეთოდით, %	ჰუმინის მუავეები გამოყოფილი კონონოვა-ბელჩიკოვას მეთოდით %
1	დმანისის სტორფი	62,7	12,8	13,7
2	თიანეთის ტორფი	63,5	3,12	2,67
3	პალიასტომი 1 საბადო	80,0	4,87	5,19
4	პალიასტომი 2 საბადო	71,2	5,98	6,78
5	სამეგრელოს ტორფი სოფ. ურთასთან	51,2	5,88	6,53

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს ჰუმინისმჟავების ულტრაბგერითი მეთოდით გამოყოფისას თითქმის ყველა ნიმუშში გამოსავალი ნაკლებია, გარდა თიანეთის ტორფისა. მაგრამ მეთოდის უპირატესობა მდგომარეობს ჰუმინის მჟავების დაუქანგავი ფორმების გამოყოფაში.

ჩატარებული სამუშაოების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ზუგდიდის რაიონში სოფელ ურთას ტერიტორიაზე არსებული ტორფის საბადო შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნიადაგების გასამჟავებლად.

ჰუმინის მჟავის გამოყოფა ულტრაბგერითი მეთოდით ეფექტურია და ეკონომიურად გამართლებული, რადგან არ საჭიროებს ბევრ რეაქტივებს და შრომატევად ოპერაციებს. მიღებული პრეპარატი ნაკლებად განიცდის ქანგვის პროცესებს.

#### ლიტერატურა

1. Наими О.И. Применение гуминовых препаратов в сельском хозяйстве. //Научно-практический электронный журнал Аллея Науки, №10(26), 2018 Alley-science.ru
2. И.В. Грехова. Гуминовый препарат из низинного торфа. //Теоретическая и прикладная экология №1, 2015. сс 85-89.
3. Ю.С. Поволоцкая. Краткий обзор гуминовых препаратов. Федеральный ростовский аграрный научный центр, DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10854
4. Т.А. Кирдей, А.П. Веселов. Фитопротекторный эффект гумата аммония при высоких концентрациях меди в среде. // Поволжский экологический журнал, 2016, № 4, сс. 390-398.
5. Рашида Р.К., Айрат У.И. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа и сапропеля. //Казанский медицинский журнал. 2015. Том № 1.96 сс. 84-88.
6. Применение биоорганических удобрений на деградированных почвах, как один из методов улучшения почвенной микрофлоры и плодородия почв Практическое руководство для фермеров опубликовано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций и Общественным фондом “Центр обучения, консультации и инновации”. Практическое руководство. Бишкек – 2018г.
7. Л.М. Степченко, В.Г. Ефимов, Е.А. Лосева, М.В. Использование гуминовых препаратов при получении биопродукции. Скорик Днепропетровский государственный аграрный университет, г. Днепропетровск, Украина Stepchenko@rambler.ru Тр. IV междунар. конф. Гуминовые вещества в биосфере. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007. сс. 520–527.
8. Применение торфа и продуктов его переработки в сельском хозяйстве М.А. Поливанов. С.В. Василенко Зоотехния, аквакультура, рыбное хозяйство «Вестник НГАУ -3(40)/2016 152-175ст.
9. Борисенко В.В., Хусид С.Б., Лысенко Ю.А., Фолиянц Б.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений. //Научный журнал КубГАУ, №110 (06), 2015 г. сс .1-11.
10. С.В. Силкин, Е.Е. Куликов И.А. Попов. Исследование управляемого ультразвукового диспергирования торфа и бурого угля в воде. /ТРУДЫ МФТИ. 2018. Том 10, №3 сс. 86-95

#### SUMMARY

#### CONTENT OF HUMIN ACIDS IN GEORGIAN PEATS

Sukhishvili N.Z.

Georgian Technical University

In the paper the peat samples of some Georgian peats have been studied. Main nutrient elements, humin acids, ash elements, organic carbon were determined. It was established that the chemical composition of the peat of Zugdidi peat deposit (vill. Urta) and pH allows its use for soil acidation. For separation of humin acid ultrasonic method may be used together with standard ones. Less oxidized preparations may be separated by above-mentioned method.

**Keywords:** peat, humin acids, ultrasonic method, soil acidation.

ჩვეულებრივი წაბლის (*Castanea sativa*) ნაყოფების ბიომეტრიული პარამეტრების დიფერენცირება საქართველოს ზოგიერთი რეგიონისათვის

ბერეჩიკიძე ბ.კ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე გავრცელებულია წიფლისებრთა (*Fagaceae*) ოჯახის ერთ-ერთი და გვარის *Castanea* ერთადერთი წარმომადგენელი [1] ჩვეულებრივი წაბლი, რომელიც წარმოადგენს პირველი სიდიდის მცენარეს, დაახლოებით 30 მ სიმაღლითა და 2 მ დიამეტრით. გავრცელებულია ძირითადად მთის ტყეების ქვედა სარტყელში და ადის 1500 მ სიმაღლემდე ზღვის დონიდან. მაღალი ტემპერატურისა და ტენიანობის მომთხოვნი (მოყვარული) ტიპური სახეობაა, შესაბამისად მშრალ ადგილებში ბუნებრივად წაბლი არსად არ არის გავრცელებული. წაბლი წარმოადგენს მეზოფიტ სახეობას, რომელიც გვხვდება ისეთ ადგილებში სადაც საშუალო წლიური ნალექები 800–900 მმ-ს აღემატება. სახეობა საკმაოდ მომთხოვნია ნიადაგის ნაყოფიერებისადმიც, ყველაზე კარგად ხარობს სუსტ მუავე არეს მქონე ნიადაგებში.

საქართველოში წაბლი გვხვდება ყომრალ ნიადაგებზე (სუსტი მუავე). წაბლი ჩრდილის ამტანი სახეობაა, ქმნის როგორც სუფთა ასევე შერეულ კორომებს: თელასთან, წიფელთან, ნეკერჩხალთან და სხვა.

ჩვეულებრივი წაბლი მისი გავრცელების უკიდურეს სამხრეთ წერტილში ყინვისადმი ტოლერანტობით არ ხასიათდება, კავკასიის ეკოკლიმატურ პირობებში კი  $-35^{\circ}\text{C}$ -მდე ყინვას უძლებს [1]. მაღალი კვებითი ღირებულების გამო ჩვეულებრივი წაბლის ნაყოფები გამოიყენება საკვებად როგორც ადამიანებისათვის, ასევე შინაური ცხოველებისათვის [2]. წაბლის მერქანი ერთ-ერთია იმ პროდუქტებიდან, რომლის საბაზრო ღირებულებაც (განსაკუთრებით ევროპის ქვეყნებში) ყოველწლიურად იზრდება. საკმაოდ დიდი პოპულარობით სარგებლობს წაბლის თაფლი, რომელსაც სამკურნალო თვისებები გააჩნია. წაბლნარი ტყეები დასაფასებელია არა მხოლოდ მათ მიერ მოწოდებული პროდუქტის გამო, არამედ ზოგადად მათი როლით ლანდშაფტის წარმოქმნასა და ცხოვრების დონის გაუმჯობესებაში. წაბლის ნაყოფის ზომა განაპირობებს მის შემდგომ გამოყენებას. ზომის მიხედვით ხდება მათი ნედლი სახით მოხმარება ან/და აგრო ინდუსტრიაში ჩაშვება.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოს 5 განსხვავებული ეკოსისტემის პარამეტრების მქონე რეგიონის (იმერეთი, სამეგრელო, გურია, რაჭა, კახეთი) წაბლნარი კორომებიდან შეგროვებული წაბლის ნაყოფების ბიომეტრიული პარამეტრების დიფერენცირება.

ჩვენს მიერ გამოყენებული კვლევის მეთოდიკები აპრობირებულია და შეესაბამება დასახული ამოცანების გადაწყვეტას:

- გარემოს ბიოლოგიური კონტროლი (მონიტორინგი);
- გამოყენებული იქნება გეოგრაფიულ-ინფორმაციული პროგრამა (GIS-Arcview);
- კულტურათა საერთაშორისო მახასიათებლები (International crop descriptors);
- კულტურათა საერთაშორისო შეგროვების მახასიათებლები (International collecting descriptors);

აღნიშნული კვლევისათვის 2020 წლის სექტემბერ-ნოემბრის პერიოდში განხორციელდა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში წაბლის ნაყოფების შეგროვება (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში წაბლის ნაყოფების

რეგიონი	მუნიციპალიტეტი	თესლის შეგროვების პერიოდი	კოორდინატი
იმერეთი	ზესტაფონი	25.09.2020	42° 7'42.83"N 43° 3'39.13"E
გურია	ოზურგეთი	22.10.2020	41°54'34.71"N 41°59'15.73"E
სამეგრელო	წალენჯიხა	07.10.2020	42°37'43.13"N 42° 3'40.38"E
რაჭა	ამბროლაური	03.11.2020	42°23'50.60"N 43° 2'44.20"E
კახეთი	ლაგოდეხი	10.10.2020	41°53'17.52"N 46°20'21.14"E

წაბლის ნაყოფების გამოშრობა განხორციელდა ოთახის პირობებში საშუალოდ 4–5 °C, ფარდობითი ტენიანობა შეადგენდა 18 %.

ნაყოფების შეგროვებას ვახდენდით უშუალოდ მცენარიდან, არავითარ შემთხვევაში არ ხდებოდა ძირს ჩამოცვენილი ნაყოფების შეგროვება (ძირს ჩამოცვენილ ნაყოფებს ხშირ შემთხვევაში ნაყოფის მჭამელი მავნებლები ჰყავს). აღსანიშნია, რომ თითოეული რეგიონიდან ნაყოფების შეგროვება განხორციელდა საშუალოდ 30 ზრდასრული მცენარიდან, თითოეულიდან საშუალოდ შეგროვდა 100-დან 200-მდე ნაყოფი. ნაყოფების შეგროვება ხორციელდებოდა შედარებით ჯანსაღი (წაბლის ქერქის კიბოს მიერ შედარებით ნაკლებად დაზიანებული) მცენარეებიდან.

კამერალური დამუშავების პროცესში განისაზღვრა 100 ცალი კანიანი ნაყოფის მასა. 10 ცალი კანიანი და უკანო ნაყოფის მასა და ცალკეული კანის მასა თითოეული რეგიონისათვის. ზემოთ ჩამოთვლილი მიზნების მისაღწევად გამოვიყენეთ ასევე თესლის ტესტირების საერთაშორისო ასოციაციის მიერ (ISTA, 1996) დადგენილი მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ყველა თესლის სათითაოდ დათვლას და მასის განსაზღვრვას 8-ჯერადი განმეორებით.

**შედგების განსჯა**

საქართველოს 5 სხვადასხვა რეგიონში ნაყოფების ბიომეტრული მახასიათებლების განსაზღვრის შემდგომ რადიკალური განსხვავებები ნაყოფების მასებს შორის არ იქნა გამოვლენილი (ცხრილი 2).

ყველაზე დიდი მასის მქონე ნაყოფები დაფიქსირდა რაჭა-ლეჩხუმის რაიონში, სადაც საშუალოდ კანიანი 10 ნაყოფის მასამ 44, ხოლო კანგაცლილმა 35 გრამი შეადგინა. რაც შეეხება ყველაზე მცირე ზომისა და მაშასადამე, მასით ყველაზე ნაკლები მოცულობის მქონე ნაყოფებს, ისინი კახეთის რეგიონში დაფიქსირდა, საშუალოდ 10 კანიანი ნაყოფის მასამ 34, ხოლო კანგაცლილმა 24 გრამი შეადგინა.

ცხრილი 2. ნაყოფების მასები საქართველოს 5 სხვადასხვა რეგიონში

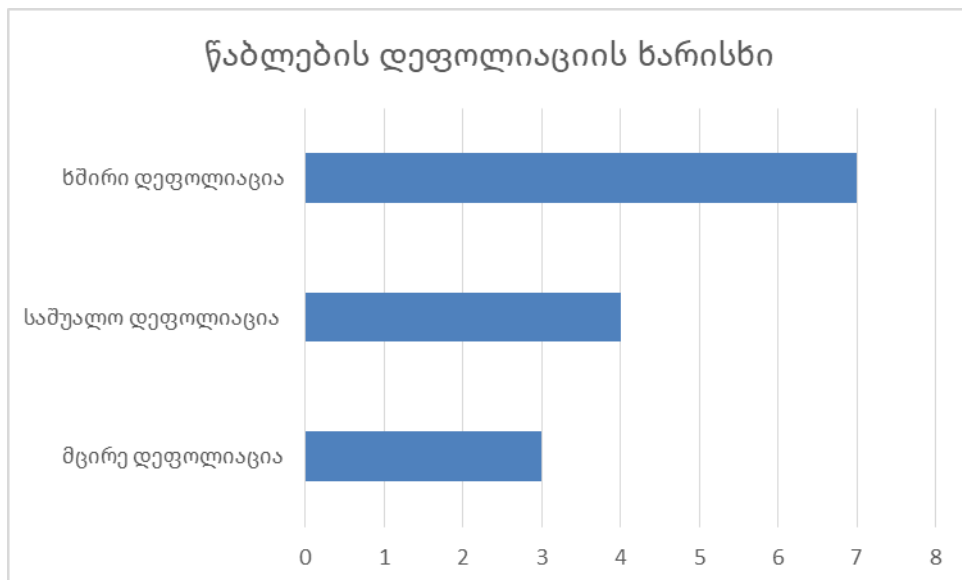
ლოკაცია		100 ნაყოფის მასა, გრ	10 კანიანი ნაყოფის მასა, გრ	10 გარჩეული ნაყოფის მასა, გრ	10 ცალი კანის მასა, გრ
იმერეთი	ზესტაფონი	500	40	32	8
გურია	ოზურგეთი	390	38	27	11
სამეგრელო	წალენჯიხა	420	33	25	8
რაჭა-ლეჩხუმი	ცაგერი	480	44	35	9
კახეთი	ლაგოდეხი	380	34	24	10
საშუალო:		434	37,8	28,6	9,2

ნაყოფების ზომისა და მასის ცვალებადობა შესაძლოა პირდაპირპროპორციულად იყოს დაკავშირებული წაბლის ხეების დაავადებასთან – წაბლის ქერქის კიბოსთან.

აღნიშნულ დაავადებას იწვევს ასკომიცეტების – ჯგუფის წარმომადგენელი სოკო, დაინფიცირებულ ხეებზე ეს პათოგენური მიკროორგანიზმი ხელს უწყობს ნეკროზული დაზიანებების (ე.წ. კიბოები) ფორმირებას, რამაც შესაძლებელია მოიცვას და საბოლოოდ გაანადგუროს დაინფიცირებული ხის ნაწილი. პათოგენური მიკროორგანიზმი არის დამახასიათებელი სამხრეთ აზიისთვის (ჩინეთი, იაპონია და კორეა), მე-20 საუკუნეში ის შემთხვევით გავრცელდა ჩრდილოეთ ამერიკასა და ევროპაში. აშშ-ში წაბლის კიბომ გაანადგურა ამერიკისთვის დამახასიათებელი წაბლი მისი ბუნებრივი არეალიდან, მაშინ როდესაც ევროპაში ეპიდემიას მოჰყვა შედარებით მცირე ზიანი ევროპული წაბლის პათოგენური მიკროორგანიზმისკენ უფრო ნაკლები მიდრეკილების და ე.წ. ჰიპოვირულენტობის წყალობით. აღნიშნული დაავადება საქართველოში 1950 წელს პირველად ტყებულში აღმოაჩინეს ჩვეულებრივ წაბლზე (*Castanea sativa Mill*) [3].

წაბლის ქერქის კიბო პირველ რიგში აზიანებს წაბლის ქერქს და ამავდროულად ზღუდავს ქერქსა და მერქანს შორის არსებულ ჭურჭელ-ბოჭკოვან სისტემას, რომლის დაზიანებითაც ხე საზრდოობს ნიადაგიდან შეწოვილი წყლითა და მინერალური ნივთიერებებით. შესაბამისად, იქ სადაც მასიურადაა გავრცელებული წაბლის ქერქის კიბო, წაბლის ხეებს აღარ შესწევთ მაღალი ნაყოფმსხმოიარობის უნარი. ცხრილი 2 მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ იმერეთსა და კახეთის რეგიონებიდან შეგროვებული ნიმუშები მასის თვალსაზრისით მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ასეთი განსხვავება აიხსნება რეგიონებში წაბლის ქერქის კიბოს ჰიპოვირულენტური შტამების არსებობა/არ არსებობით.

კვლევის ფარგლებში განვახორციელეთ იმერეთის რეგიონში, კერძოდ ბოსლევის სატყეო უბანში 1 სანიმუშო ფართობის გამოყოფა 10x10-ზე და იქ წაბლნარი კორმების სანიტარული მდგომარეობის შეფასება. შეფასდა სანიმუშო ფართობზე არსებული წაბლის ინდივიდების დეფოლიაციის ხარისხი, რომელიც ასახულია წაბლების დეფოლიაციის ხარისხის დიაგრამაზე: ხშირის დეფოლიაცია – 61–99%, საშუალო დეფოლიაცია – 26–60% და მცირე დეფოლიაცია 0–25 %. ჯამში შეფასდა 15 ხე, რომლებზეც დეფოლიაციის ხარისხი შემდეგნაირად იყო გადანაწილებული:



წაბლების დეფოლიაციის ხარისხი

ყველაზე მეტი ინდივიდი (8 ინდივიდი) იყო ძლიერ დეფოლირებული, მაშასადამე, დაავადების მიერ ძლიერ დაზიანებული. გარდა ამისა, დღეისთვის ცნობილია, რომ იმერეთის რეგიონში წაბლის ქერქის კიბოს არაერთი ჰიპოვირულენტური შტამი

ფიქსირდება (ზესტაფონის სატყეო უბნის საერთო ტყის ფართობი შეადგენს დაახლოებით 14,000 ჰა და დაყოფილია სამ სატყეოდ, რომელთა სახელებია: ბოსღვევი, კვალითი და საწაბლე) [4], რასაც ამ ეტაპზე ვერ ვიტყვიოთ კახეთის რეგიონზე, სადაც ჰიპოვირულენტური შტამების კვლევა დღეის მდგომარეობით არ განხორციელებულა. თუმცა აღნიშნულის განხორციელება იგეგმება უახლოეს მომავალში.

#### ლიტერატურა

1. აბაშიძე ი. დენდროლოგია. ნაწილი 2. –თბილისი, 1962, გვ. 35-36.
2. ჩერქეზიშვილი ტ. სატყეო სელექციური მეთესლეობის საფუძვლები. –თბილისი, 2005, გვ.77-79.
3. Prospero, S. Rigling. Cryphonectria parasitica, the causal agent of chestnut blight: invasion history, population biology and disease control, 2017.
4. მაციაკ ი. ეროვნული სატყეო სააგენტოსათვის მომზადებული ფიტოპათოლოგიური კვლევის ანგარიში, 2019.

#### SUMMARY

#### DIFFERENTIATION OF BIOMETRIC PARAMETERS OF SWEET CHESTNUT (*Castanea sativa*) FRUITS FOR SOME REGIONS OF GEORGIA

**Berechikidze G.K.**

**Georgian Technical University**

The article discusses the differentiation of biometric parameters of common chestnut (*Castanea sativa*) fruits for some regions of Georgia (Imereti, Samegrelo, Guria, Racha, Kakheti). Seed size, mass and germination characteristics, as well as their relationship to the range of Chestnut diseases were determined.

**Keywords:** biometric parameters, chestnut fruits.

ფსტას (*Pistacia vera L.*) ბანჭოთარების პერსპექტივაში საქართველოში

ძლიერი შვილი ჯ.ფ., ლომიძე ნ.თ.

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## შესავალი

თანამედროვე მოთხოვნებმა ტრადიციულ საწყისებზე ფორმირებული ქართული სოფლის მეურნეობა მკაცრი გამოწვევების წინაშე დააყენა და აუცილებელი გახდა ისეთი კულტურების მოძიება/დანერგვა, რომლებიც ხანგრძლივ პერსპექტივაში ერთდროულად რამდენიმე პრობლემის გადაჭრის საშუალებას მოგვცემდა.

დღეისათვის საქართველოს სოფლის მეურნეობისათვის ძირითადი გამოწვევებია: მდგრადი განვითარება; გაუდაბნოებასთან ბრძოლა; რიგი რაიონების მკაცრი კლიმატური პირობები; ექსპორტის ჩანაცვლება იმპორტით; მოსახლეობის მიწათმოქმედი ნაწილის ეკონომიკური და სოციალური მდგომარეობის გაუმჯობესება და სიღარიბის დაძლევა ხანგრძლივ პერსპექტივაში; მოსახლეობის დასაქმება; მსოფლიო ბაზრის მოთხოვნის შესაბამისი სახეობის და ხარისხის სასოფლო სამეურნეო კულტურათა შერჩევა, დანერგვა, პროდუქციის წარმოება და რეალიზაცია.

აღნიშნული გამოწვევების, მსოფლიო გამოცდილების ანალიზის და საქართველოში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დღეისათვის გამოვლენილია არაერთი პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო მნიშვნელობის მქონე კულტურა, რომელთა შორის ღირსეული ადგილი უკავია ფსტას.

ფსტა (*Pistacia vera L.*) უძველესი კულტურაა. ზოგიერთი მისი წარმომადგენელი დედამიწაზე მესამეულ პერიოდში გაჩნდა. იგი ერთ-ერთი ყველაზე ძვირადღირებული კაკალია [1,2]. მისი ღირებულება საერთაშორისო ბაზარზე დიდად აღემატება ნიგეზის, თხილისა და სხვა კაკლოვნების ღირებულებას. ფსტას სხვა კაკლოვანებთან, მათ შორის თხილთან შეფარდებით, განსაკუთრებით მდგრადი ბაზარი გააჩნია [3]. მასზე მოთხოვნაც მსოფლიოში დღითიდღე იზრდება და მის მიმართ ინტერესი ქართველი ფერმერების მიმართ მზარდია [2].

ფსტას ნაყოფი საკვებად 2,5 ათას წელზე მეტია გამოიყენება. სიტყვა „ფსტა“ წარმოდგება ირანული სიტყვისაგან „pisteh“. ირანი ითვლება აღნიშნული მცენარის სამშობლოდ. შემდგომში სიტყვა გავრცელდა ბერძნულ და ლათინურ ენაში (*Pistacia*) და ასე მოაღწია ჩვენამდე. რუსული ენის ლექსიკონის შემადგენლობაში სიტყვა „фисташка“ მყარად დამკვიდრდა XVIII საუკუნეში.

საქართველოში ცნობები ფსტას შესახებ მოიპოვება სულხან-საბა-ორბელიანის ლექსიკონში („ფსტა“). რაფიელ ერისთავი მოიხსენიებს მას, როგორც – „ფუსტული“, მესხურ ლექსიკონში „ფსტილი“-ს და ჭანურში – „ფისტიკი“-ს სახით მოიხსენიება. ფსტას ასევე მოიხსენიებენ, როგორც – „ფსტა“. ცნობები ფსტას შესახებ მოგვეპოვება თეიმურაზ II-ის „ხილთა ქებაში“.

დღეისათვის ფსტას კულტურა სამრეწველო დანიშნულებით მოჰყავთ ირანში, საბერძნეთში, ესპანეთში, იტალიაში, თურქეთში, აშშ-ში, ჩინეთში და სხვა ქვეყნებში.

საქართველოს ბაზარზე არსებული ფსტა მთლიანად იმპორტირებულია [2]. ამ კულტურის მოშენებით, ერთის მხრივ მოხდება იმპორტის ჩანაცვლება, მეორე მხრივ, კაკლისებრთა სახეობის ექსპორტში ქვეყნის საერთაშორისო პოზიცია მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება, რაც ბუნებრივია აისახება მოსახლეობის სოციალური და ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებაზე.

## ძირითადი ნაწილი

ჩვენს მიერ საქართველოს პირობებში ფსტას (*Pistacia vera L.*) ბიოლოგიური თავისებურებების შესწავლა ხდებოდა საგარეჯოს რაიონში არსებულ სასათბურე მეურნეობაში და ა(ა)იპ სოფლისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების სააგენტოს დადგენილი მოთხოვნების მიხედვით შერჩეულ მინდორში. ფსტას მცნობაზე დაკვირვება განხორციელდა თურქეთის რესპუბლიკაში, გაზიანტეპის რაიონში ვიზიტის დროს.



ნახევრადუდაბნოს პირობებში (საგარეჯოს რაიონი) ჩატარებულმა ცდებმა გვაჩვენა, რომ ჩვენს ქვეყანაში ფსტას სამრეწველო ბალების მოშენებისას (გაშენებისას) უფრო გამართლებული იქნება აქცენტი გაკეთდეს გაუდაბნობასთან ბრძოლაზე და საქართველოს ისეთი რეგიონების ათვისებაზე, რომლებსაც ახასიათებთ კირქვიანი ნიადაგი და სარწყავი წყლის დეფიციტი.

საქართველოში ფსტას გაშენებისათვის რეკომენდირებულია მწირი, მლაშობი და გვაღვიანი რაიონები. ფსტა საქართველოში იქ უნდა გაშენდეს, სადაც სხვა მაღალრენტაბელური კულტურები არ ხარობს ან ნაკლებად ხარობს [5].

ფსტა სინათლისა და სითბოს მოყვარული გვაღვიგამძლე 4–6 მეტრის სიმაღლის მქონე მრავალწლოვანი მცენარეა, რომელიც მიეკუთვნება თუთუბოსებრთა (*Anacardiaceae*) ოჯახს. მცენარე ივითარებს მძლავრ ფესვთა სისტემას, რის გამოც მისი გამძლეობა მაღალი სიცხეების მიმართ ძალიან მატულობს. ჯიშების მიხედვით ფსტის ნაყოფების მომწიფებისათვის საჭიროა 29000-დან 34000-მდე აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი. მისი გაშენება რეკომენდირებულია ზღვის დონიდან 800–900 მეტრამდე. ფსტა უპირატესობას ანიჭებს კარგი აერაციის უნარის მქონე საშუალო ან მსუბუქ ნიადაგებს, სადაც pH 6,8 და მეტია. მცენარე გამძლეა მლაშე ნიადაგების, მაღალი კარბონატობისა და გვაღვის მიმართ.

ფსტა ძირითადად ყვავილობს აპრილში. ორბინიანი მცენარეა, ნაყოფების მისაღებად ესაჭიროება ჯვარედინი დამტვერვა. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ დამტვერვის მიზნით სამრეწველო ბაღში რეკომენდირებულია დაირგოს 1 მამრობითი მცენარე 8–10 მდედრობით მცენარეზე. განლაგება დამოკიდებულია რელიეფზე და ყვავილობის პერიოდში ქარების მიმართულებაზე. მამრობითი ყვავილები ცოტათი ადრე იშლება, რაც ხეების სქესის გარჩევის საშუალებას იძლევა. ყვავის 3–4 დღე ყვავილები შეკრებილია საგველა ყვავილედად. იმტვერება ქართი. გაზაფხულზე ფოთლების გამოჩენამდე 2–3 დღით ადრე ჩნდება მოყვითალო ყვავილები. შემოდგომაზე ეს ყვავილები მტევნისებრ ნაყოფად იქცევა. ბუნებრივი განვითარებისას მამრი ხეების რაოდენობა აჭარბებს მდედრს. ფსტის ნაყოფი კაკალია. ნაყოფი შედგება ორი ლეხნისაგან. ნაჭუჭი თხელია. ისხამს ყოველწლიურად, მაგრამ ორ-სამ წელიწადში ერთხელ განსაკუთრებით მაღალი მოსავალი იცის. ნაყოფი მწიფდება აგვისტო-სექტემბერში. ცოცხლობს 300-დან 700 წლამდე. ქერქი მსხვილია, ფერფლისფერი, ახალგაზრდა რტოები ცვილისებრი ნაფიფქითაა დაფარული. მერქანი მაგარია, წყალზე ბევრად მძიმე. საკმაოდ ღამაზ დეკორატიულ მცენარედ ითვლება [3-5].

სიცვიისა და ყინვის დიდად ამტანი, ერთ-ერთი ყველაზე გვაღვიგამძლე მცენარეა. მცენარე არ იღუპება 60–70 °C-ზე, 50 °C-ზე კი ჩვეულებრივად იძლევა მოსავალს. უძლებს 40 გრადუს ყინვასაც.

ფსტას ფესვები საოცრად სწრაფად იზრდება. 5 სანტიმეტრიანი ნერვის მიწისქვეშა ნაწილი 40 სანტიმეტრს აღწევს. ეს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ნერვების გამოყვანისა და დარგვისას. ბუჩქების ფესვთა სისტემა 15 მეტრამდე ჩადის, ხოლო ხეების 30 მეტრამდე [3-5].

ფსტა მრავლდება თესლით, ფესვთა ამონაყრითა და მყნობით. ბუნებაში ფსტა თესლით მრავლდება. კულტურაში ამჯობინებენ ამონაყრებით გამრავლებას. რაც შეეხება მყნობით გამრავლებას, საძირედ შეიძლება გამოდგეს საკმლის ხე, მაგრამ ეს მასიურად მიზანშეუწონელია. ფსტის ბევრი ჯიში ადის 1700 მეტრს სიმაღლემდე. ეს ძალიან მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რადგან საკმლის ხე ვერ სცილდება 1000 მეტრს.

ფსტა, როგორც ნიადაგის ეროზიასთან ბრძოლის საშუალება, რეალური და პერსპექტიულია. მას შუა აზიაში ამ მიზნით დიდი ხანია წარმატებით იყენებენ. ამ მიმართულებით, განსაკუთრებით ფასეულია უზბეკეთის გამოცდილება. იგი ხარობს ისეთ მშრალ ადგილებშიც, სადაც სხვა ხეები არ ხარობს. ხარობს კლდეებზეც და იცავს მათ ჩამოშლისაგან [4]. ამგვარი ტერიტორიების ხვედრითი წილი კი საქართველოში, საკმაოდ მაღალია. აგრეთვე აღსანიშნავია, რომ ყაზახური სელექციური ჯიშები ზღვის დონიდან 2200 მეტრამდე ადის, რაც სამცხე-ჯავახეთისათვის ახალ პერსპექტივებს ხსნის [1].

სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების ერთ-ერთ ამოცანას გაუდაბნობასთან ბრძოლა წარმოადგენს. ეს პრობლემა საქართველოშიც მძაფრად დგას,

განსაკუთრებით სამხრეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში. ფსტა არ საჭიროებს განსაკუთრებული მოვლას და დიდი რაოდენობით წყალს. მცენარე გავრცელებულია არიდულ პირობებში. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე იგი გაუდაბნოების და ეროზიის წინააღმდეგ საბრძოლველი უებარი „ბუნებრივი“ საშუალებაა და ფსტას მეურნეობა სრულად თავსდება მდგრადი განვითარების პრინციპებში.

საქართველოში ფსტას პლანტაციების გაშენებას მნიშვნელოვანი, ხანგრძლივი ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური მნიშვნელობა ექნება. ფსტის პლანტაციების წარმოება დროსა და რესურსებს მოითხოვს მაგრამ მრავალმხრივ ეფექტს მისცემს მომავალ თაობებს.

#### ლიტერატურა

1. ლ. დათეშიძე, ვ. შენგელია ლ. შენგელია, ა. შენგელია. დავით-გარეჯის ბაზაზე ფსტის წარმოებისათვის საქართველოში, თბილისი 2010, 33გვ.  
[http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis\\_Bazaze\\_Fistis\\_Warmoebisatvis.pdf](http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis_Bazaze_Fistis_Warmoebisatvis.pdf)
2. კაკლოვანი კულტურები საქართველოში. თბილისი 2020, 20 გვ
3. Дуриков М.Х., Зверев Н.Е. Фисташка и элементы агротехники ее выращивания в предгорьях Копетдага (Национальный институт пустынь) Фисташка — Pistacia. // Флора СССР. В 30-ти томах / Начато при руководстве и под главной редакцией акад. В. Л. Комарова; Редакторы тома Б. К. Шишкин и Е. Г. Бобров. - М.-Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1949, Т. XIV, сс. 519-526.
4. Рыбаков А.А. Остроухова С.А. Плодоводство Узбекистана. –Ташкент, Укитувчи. 1972.
5. D. R. Haviland, UCCE Kern Co.; W. J. Bentley, UC IPM Program, Kearney Agricultural Center, Parlier; R. H. Beede, UCCE Kings Co.; K. M. Daane, Biological Control, UC Berkeley and Kearney Agricultural Center, Parlier. “Haviland UC IPM Pistacio Pest Management Guidelines”June. 2017.

#### SUMMARY

#### PROSPECTS OF PISTACIA (*Pistacia vera L.*) DEVELOPMENT IN GEORGIA

Dzlierishvili J.P. and Lomidze N.T.

Georgian Technical University

In the article the advantages of *Pistacia (Pistacia vera L.)* is discussed compared to other walnut cultures and its development prospects in Georgia. *Pestachia (Pistachio)* is one of the most expensive nuts, for which the demand in the world is growing day by day and its interest from Georgian farmers is increased. One of the tasks of sustainable agriculture is to fight desertification. This problem is acute in Georgia, especially in the southern and eastern regions. Pistachio does not require special care and a large amount of water. The plant is propagated in arid conditions. Based on the above, it is a "natural" means of combating desertification and erosion, and the Pistachio farm is fully in line with the principles of sustainable development. Cultivation of Pistachio plantations in Georgia will have important, long-term ecological, economic and social significance. The production of Pistachio plantations requires time and resources but will have a multifaceted effect on future generations.

**Keywords:** pistachio, strong root system, semi-desert plant.

ფსტას (*Pistacia vera L.*) საწარმოო ბაღის გაშენების თანხმებუბებუბის შხსახე

ძლიერიშვილი ჯ.ფ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

დღეისათვის ფსტას (ფისტა) მწარმოებელი წამყვანი ქვეყნების გამოცდილების საფუძველზე ჩამოყალიბებულია ფსტას საწარმოო ბაღის გაშენების ორი ძირითადი გზა, რომლებიც „ტრადიციულ“ და „არატრადიციულ“ მეთოდებად იწოდება.

„ტრადიციული“ მეთოდის გამოყენების დროს, ფსტას (ფისტა) სამრეწველო ბაღის გაშენებისას აქცენტი კეთდება სწრაფად მზარდ, ძლიერ მთავარდერძიან ფესვთა სისტემის ფორმირებაზე, რომელიც ზედაპირული წყლის დეფიციტის და გრუნტის წყლების არსებობის პირობებში უზრუნველყოფს მცენარის გადარჩენისა და განვითარების შესაძლებლობის მაღალ ხარისხს [1,2].

„არატრადიციული“ მეთოდის გამოყენების დროს, ქოთანში გამოყვანილი ფსტას ნერვის გრუნტზე გადატანის წინ ხდება ნერვის ცენტრალური ფესვთა სისტემის შეკვეცა, რათა მოხდეს ნერვის მოტივირება ფუნჯა ფესვთა სისტემის ჩამოყალიბებისათვის [3].

ძირითადი ნაწილი

ფსტა (ფისტა) სხვა კაკლოვანი მცენარეებისაგან არა მხოლოდ გასაოცარი სიცოცხლისუნარიანობით, არამედ სიცოცხლის ხანგრძლივობითაც გამოირჩევა. უზბეკეთში დღეისათვის არსებობს ცალკეული ეზუმპლარები, რომელთა ასაკი არანაკლებ 1000 წელია და ჯერ კიდევ იძლევიან ნაყოფს. [2,4,6]

ფსტას ბაღის მოშენება ხანგრძლივ პერსპექტივაში არის კაპიტალის საიმედო დაბანდება. ფსტას ბაღი ნაყოფის მოცემას იწყებს დარგვის ან დათესვიდან 6-8 წელში და მისი მაღალმოსავლიან ჯიშებზე დამყნობის შემთხვევაში ფსტას დამყნობილი ხის საშუალო მოსავალი 0,5-დან 3 კგ-მდეა, ხოლო 20-25 წლის ასაკში ერთი ხის მაქსიმალური მოსავალი 6-8 კგ-ს შეადგენს [5].

გარემო პირობების მოთხოვნების შესაბამისი ფესვთა სისტემის ფორმირება არის ის საკვანძო ელემენტი, რომელზეც ორიენტირებულია ფსტას ბაღის მოშენების მსოფლიოში არსებული მეთოდები.

ფსტა ნახევარუდაბნოს ტიპის მცენარეა და მკაცრ პირობებში გადარჩენისათვის ბუნებისგან დაჯილდოვებულია გრძელი (30 მ-მდე) ფესვთა სისტემით. მუდმივი სარწყავი სისტემების მოწყობა რიგ ქვეყნებში (ირანი, უზბეკეთი, სირია) წარმოუდგენელი ფუფუნებაა, ამიტომ ისინი უძველესი დროიდან იყენებენ ფსტას ბუნებრივთვისებებს და ორიენტირებულები არიან ფსტას ბაღების გაშენების ისეთ მეთოდზე („ტრადიციული მეთოდი“), რომლებიც მაქსიმალურად უზრუნველყოფენ ფსტას ნერვის ვეგეტაციის საწყის ეტაპებზე მცენარისათვის მთავარდერძიანი მძლავრი ფესვთა სისტემის ფორმირებაზე, რათა გრუნტზე გადატანის შემდეგ, ფსტა მოტივირებული და ორიენტირებული იყვეს განვითაროს ფესვები სივრცეში და არსებობისათვის აუცილებელი ტენი ეძებოს მიწის სიღრმეში.

„ტრადიციული მეთოდის“ საპირისპიროდ აშშ-ში, კერძოდ კალიფორნიის შტატში შემუშავდა ფსტას ნერვისათვის ფუნჯა ფესვთა სისტემის ფორმირების „არატრადიციული მეთოდი“. კალიფორნიის შტატში, ფსტას პლანტაციების მორწყვისათვის სახელმწიფო დაფინანსებით მოწყობილია ძლიერი საირიგაციო სისტემა და ადგილობრივ ფერმერებს შეუძლიათ მისი გამოყენებით ფსტას მოსავლის ხარისხიანობასა და სიდიდეზე გავლენის მოხდენა. არატრადიციული მეთოდისთვის არასასურველია ფსტას მთავარდერძიანი ფესვთა სისტემა, ამიტომ კალიფორნიაში ფსტას ნერგებს მიზანმიმართულად უვითარებენ მოკლე, ფუნჯა ფესვთა სისტემას, რათა მცენარე მაქსიმალურად იყოს დამოკიდებული წვეთოვანი სისტემით მიღებული წყლის რეგულარულ მარაგზე. წყლის ეკონომიის მიზნით უმჯობესია, რომ ნერგების ფესვთა

სისტემები მიწის ზედაპირთან ახლოს მდებარეობდნენ, რათა გრუნტის დიდი მოცულობის წყლით გაჟღენთვა არ გახდეს აუცილებელი [3].

დღეისათვის საქართველოში პრიორიტეტულად იქნა მიჩნეული ტრადიციული მეთოდით ფსტას ბალის გაშენება.

თურქეთში (გაზიანტეპი) ჩვენი ვიზიტის დროს შესწავლილი მასალების, ადგილობრივი ფერმერების გამოცდილების და საგარეჯოს რაიონში ჩატარებული კვლევების შეფასების საფუძველზე გამოიკვეთა, რომ საქართველოს პირობებში გაუდაბნობასთან ბრძოლისა და სოფლის მეურნეობაში არსებული რესურსებით, მაქსიმალური ეკონომიკური შედეგის მიღების ოპტიმალური გზაა ფსტას (*Pistacia vera L.*) ბალების გაშენება „ტრადიციული მეთოდის“ გამოყენებით.

ჩვენს მიერ ფსტას ბალის გაშენებისათვის ტრადიციული მეთოდის ეფექტურობის შესწავლა ხდებოდა საგარეჯოს რაიონში არსებულ სასათბურე მეურნეობაში და დადგენილი მოთხოვნების მიხედვით შერჩეულ მინდორში. აღნიშნული პროცესი ხორციელდება სპეციალურად ამ მიზნისათვის შექმნილი მრავალჯერადი გამოყენების მცირე ზომის, მილის ფორმის სანერგე კონტეინერებში ფსტას ნერგის წინასწარი გამოყვანის საშუალებით. პერიოდულად ხდებოდა დაკვირვება სანერგე ქოთანში ფსტას ნერგის მთავარდერძიანი ფესვთა სისტემის განვითარებაზე. დაკვირვების შედეგად ჩვენს მიერ ფიქსირდებოდა სანერგე ქოთანში ფსტას თესლის დათესვის, მისი განვითარების, გრუნტზე გადატანის და მინდორში განვითარების ფაზების ხანგრძლივობა და მახასიათებლები.

საქართველოში აპრობირებულ კონტეინერს აქვს მილის ფორმა (2,5 X 25 სმ) და მზადდება მეტალის თხელი ფურცლის საშუალებით, რომელსაც ძირზე გააჩნია სახურავი, ხოლო შუაწელზე დამჭერი რგოლი (სურ. 1). ნერგის გამოყვანა ხდებოდა სათბურის პირობებში თებერვლის მეორე ნახევარში საბაღე ნაკვეთში გრუნტზე გადატანამდე. პატარა კონტეინერში დათესილი თესლიდან ნერგი აღმოცენდება 4–6 კვირაში, ხოლო აღმოცენებული ფსტას ნერგი არაუგვიანეს 3 თვისა საჭიროა გადატანილ იქნეს გრუნტზე (მაისი-ივნისი), 5–7 სმ დიამეტრის და 35 სმ-მდე სიღრმის ორმოში (სურ. 2) რათა მცენარეს მთავარდერძიანი ფორმის ფესვთა სისტემის განვითარების მოტივირება არ დაეკარგოს. გრუნტზე გადატანის დაგვიანების შემთხვევაში, ფსტას ნერგის ფესვის სიგრძე გადააჭარბებს კონტეინერის სიგრძეს და დაიწყებს ბოლოში სპირალური ფორმით დახვევას, რაც საბოლოოდ მოგვცემს არაპროგნოზირებად შედეგს.



სურ. 1. ნერგის გამოყვანა კონტეინერში



სურ. 2. ნერგის გადატანის პროცესი

ტრადიციული მეთოდის გამოყენება საქართველოს პირობებში საშუალებას გვაძლევს, რომ არა მარტო გავახანგრძლივოთ კონტეინერში გამოყვანილი ნერგის ღია გრუნტზე გადატანის პერიოდი, არამედ სხვა მეთოდებთან შედარებით მნიშვნელოვნად (6-7-ჯერ) შევამციროთ ფსტას სათესლე მასალის ხარჯი და გარანტირებული გავხადოთ ნერგის გადარჩენა-განვითარება.

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ტრადიციული მეთოდის მოთხოვნების შესრულებით ღია გრუნტზე გადატანილი ფსტას ნერგების საერთო რაოდენობის არანაკლებ 90%-მა გაიხარა და სრულფასოვნად განვითარდა. 10%-ის დაზიანება განაპირობა აღნიშნულ პერიოდში მოჭარბებული მინდვრის თაგვების და კალიების ზემოქმედებამ.

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, გრუნტზე გადატანილი, მთავარდერძიანი ფესვთა სისტემის მქონე ფსტას ნერგების ვეგეტაციის პერიოდში სამკვირიანი შუალედით მორწყვის პირობებში (წელიწადში საშუალოდ ექვსჯერ) მცენარე იწყებს სწრაფ განვითარებას და საშუალოდ 2 წელიწადში, გრძელი ფესვთა სისტემის წყალობით რეგულარულ მორწყვას აღარ საჭიროებს.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საქართველოს პირობებში ფსტას (*Pistacia vera L.*) მოყვანის ოპტიმალური მეთოდია ე.წ. „ტრადიციული მეთოდი“.

#### ლიტერატურა

1. Рекомендации по выращиванию плантаций фисташки настоенной на сортовой основе в аридных предгорьях Узбекистана, Республиканский научно-производственный центр декоративного садоводства и лесного хозяйства, Ташкент 2014, 58 с.
2. Николаи Л.В. Новая эффективная технология выращивания плантаций фисташки в Узбекистане. - Ташкент. Agro Ilm., сс. 21-22.
3. D. R. Haviland, UCCE Kern Co.; W. J. Bentley, UC IPM Program, Kearney Agricultural Center, Parlier; R. H. Beede, UCCE Kings Co.; K. M. Daane, Biological Control, UC Berkeley and Kearney Agricultural Center, Parlier. "Haviland UC IPM Pistacio Pest Management Guidelines" June. 2017.
4. ლ. დათეშიძე, ვ. შენგელია ლ. შენგელია, ა. შენგელია. დავით-გარეჯის ბაზაზე ფსტის წარმოებისათვის საქართველოში. -თბილისი 2010, 33 გვ.  
[http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis\\_Bazaze\\_Fistis\\_Warmoebisatvis.pdf](http://www.dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/7133/1/Davit-Garejis_Bazaze_Fistis_Warmoebisatvis.pdf)
5. კაკლოვანი კულტურები საქართველოში. -თბილისი 2020, 20 გვ.
6. Чернова Г.М. Рекомендации по созданию промышленных плантаций фисташки на селекционной основе. –Ташкент, 1983.

#### SUMMARY

#### ABOUT THE PECULIARITIES OF CULTIVATING THE INDUSTRIAL GARDEN OF PISTACHIO (*Pistacia vera L.*)

Dzlierishvili J.P.

Georgian Technical University

In the article the peculiarities of the world-proven "traditional" and "non-traditional" methods of the use of Pistachio (*Pistacia vera L.*) culture seedling for the formation of root systems corresponding to environmental conditions and the appropriateness of their use for the cultivation of Pistachio industrial gardens in Georgian conditions are discussed.

**Keywords:** pistachio, traditional methods, non-traditional methods, strong axial root system.

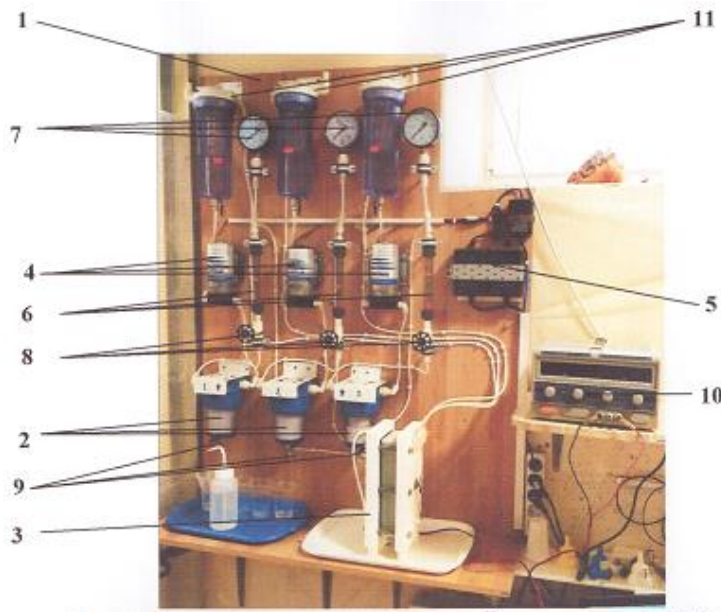
რძის შრატის დემინერალიზაციის ოპტიმალური კინეტიკური და ენერგეტიკული პარამეტრების ექსპერიმენტული განსაზღვრა

რუსაძე შ.შ., ტოლმაჩივი ლ.ი., დვინეფაძე ა.შ., აფრიდონიძე მ.დ., ნურმუსაძე დ.ი.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი  
UAB Membraninés Technologijos LT  
რძის გადამამუშავებელი ფირმა „ათინათი“,  
ტაშკენტის ქიმიურ ტექნოლოგიური ინსტიტუტი

საჭოს შრატი მიუხედავად მისი სასარგებლო თვისებებისა, მაღალი მჟავიანობის (50–90)°T და ფარდობითად მაღალი ნაცრიანობის გამო, რაც გავლენას ახდენს შრატზე და მისი გადამამუშავების პროდუქტებზე, მიეკუთვნება გადამამუშავებისათვის ყველაზე რთულ სახეობას რძის მეორად პროდუქტებს შორის. შესქელების შემდეგ შრატი ხდება არამარტო მწარე-მარილიანი, არამედ მჟავე. რძის მჟავას მაღალი კონცენტრაცია პრობლემას ქმნის შრობის დროს და ვერ ვიდებთ სტანდარტულ პროდუქტს.

მინერალური მარილების მოცილებისათვის, ორგანოლექტიკური და ტექნოლოგიური პროცესების გასაუმჯობესებლად სულ უფრო აქტიურად ხდება შრატის მემბრანული დამამუშავების მეთოდების გამოყენება, ნაწილობრივ ელექტროდიალიზის. ეს მეთოდი არის რეგულირებადი – ის საშუალებას გვაძლევს ვმართოთ დემინერალიზაციის პროცესი და ამით გადავწყვიტოთ სხვადასხვა ამოცანები: ზემოაღნიშნული სისუფთავის წყლის მიღებიდან, მოცემული მინერალური შემადგენლობის საკვები პროდუქტების მიღებამდე. როგორც წესი დემინერალიზაციას ექვემდებარება, როგორც ნატურალური, ისე შესქელებული შრატი, გადასამამუშავებელი მოცულობებისაგან დამოკიდებულებით.



ნახ.1. ელექტროდიალიზის ლაბორატორიული დანადგარი

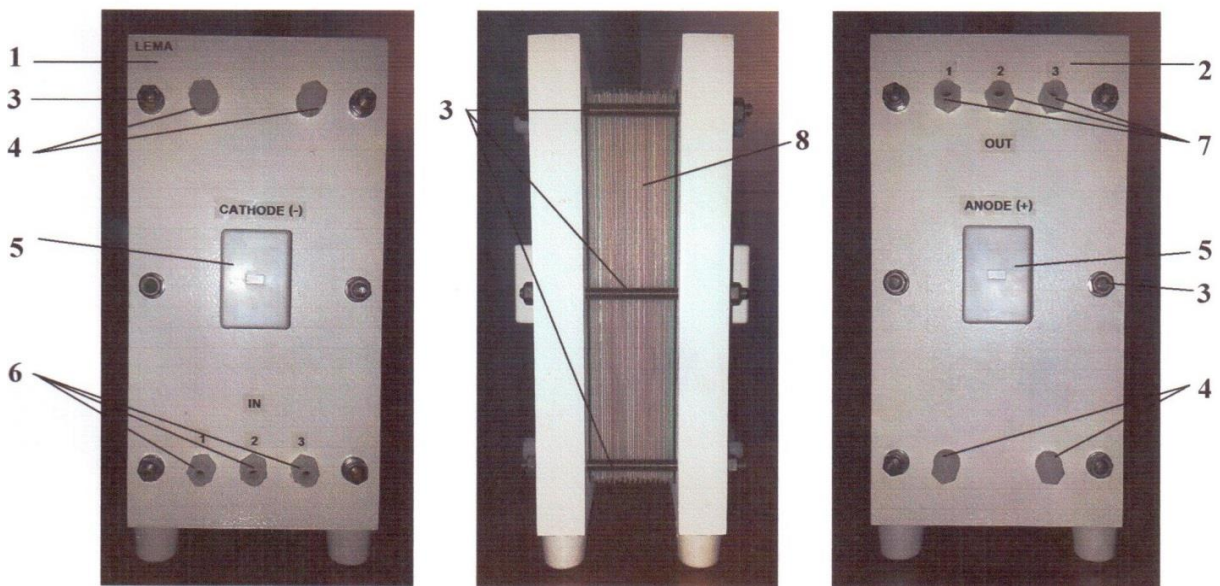
სამუშაო ჩატარდა ექსპერიმენტულ დანადგარზე ნახ.1. იგი დამზადებულია კედლის სტენდის (1) სახით, რომელზედაც განლაგებულია დამოუკიდებლად და დამონტაჟებულია: ხსნარების მექანიკური ფილტრაციის ბლოკი (2), ელექტრომემბრანული აპარატი (3), ტუმბოების ბლოკი (4) ელექტრული კვების წყაროებით (5), ჰიდრაულიკური პულტი როტამეტრებით (6), მანომეტრებით (7), მარეგულირებელი ონკანებით (8), სინჯის ასაღები ონკანებით (9) და აპარატის ელექტრული კვების

წყარო (10). მუშა ტევადობები (11), გამომშვები ონკანებით. მუშა ტევადობების ზედა ნაწილში გათვალისწინებულია შემაგალი ნახვრეტები მუშა ხსნარების ძაბრით ჩასასხმელად. ელექტროდიადიზის აპარატი თავსდება მუშა მაგიდაზე სურათზე მოყვანილი განლაგების ანალოგიურად.

ელექტრომემბრანული აპარატი შესდგება შემდეგი ძირითადი დეტალებისა და კვანძებისაგან:

- დამწნეხი ფილები ანტიკოროზიული ქიმიურად მდგრადი დაფარვით ორკომპონენტიანი საღებავის საფუძველზე.
- მემბრანებს შორისი პოლიეთილენის საფენები პოლიეთილენის ბადით – ტურბულიზატორით.
- იონცვლადი მემბრანები.
- დამწნეხ ფილებში ჩამონტაჟებული ელექტროდები.
- დასაშლელი ხრახნული შეერთებები ტექნოლოგიურ მიღგაყვანილობებთან მისაერთებლად.
- დამწნეხი უჟანგავი ფოლადის ხრახნები და ქანჩები საყელურებით.
- შემაგალიდრობელი რეზინა.

კონსტრუქციულად ელექტრომემბრანული აპარატი წარმოადგენს პაკეტს, აკრებილს იონცვლადი მემბრანების და საფენების მონაცვლებით დამწნეხ ფილებს შორის.



ნახ.2. ელექტრომემბრანული აპარატი

- 1 – წინა დამწნეხი ფილა; 2 – უკანა დამწნეხი ფილა; 3 – შემკვრალი შპილკები; 4 – ტექნოლოგიური ნახვრეტები საცობებით (მუშა მდგომარეობაში ჰერმეტიკულად მიხრახნილი); 5 – დენმიმყვანების დამცავი სახურავები; 6 – შემაგალი მილყელები მუშა ხსნარებისთვის (№1 კონცენტრირების ტრაქტი, №2 ელექტროდული საკნების გამრეცი ხსნარი, №3 – დილუატი); 7 – გამომყვანი მილყელები მუშა ხსნარებისათვის; 8 – მემბრანული პაკეტი.

თითოეული მემბრანული საფენი ორი მეზობელი – ზედა და ქვედა – მემბრანებით ქმნის საკანს, რომელიც წარმოადგენს ჰერმეტიკულ გამდინარე საკანს, რომლის სიღრუეშიც მოთავსებულია სეპარატორ-ტურბულიზატორები, რომელთა დანიშნულებაა შექმნან ხსნარის ნაკადის საჭირო ტურბულენტურობა და გამორიცხოს მემბრანების ურთიერთ შეხება.

მემბრანებს შორის საფენებში მოკლე გვერდებში შესრულებულია ნახვრეტები, რომლებიც აკრებიან დროს პაკეტის მთელ სიმაღლეზე წარმოქმნიან ვერტიკალურ არხებს (გამანაწილებელი – კოლექტორები) გადაამუშავებაზე მიწოდებული ხსნარების

მიყვანისა და გამოყვანის სისტემებს. მემბრანებს შორის საფენები ამ ტიპის აპარატებისათვის – ორი სახისაა: მკვებავი არხით შუა და განაპირა ნახვრეტებში.

ორ მოპირდაპირე ნახვრეტს აქვთ ღარის მკვებავი გამდინარე არხი. პაკეტის აკრების დროს საფენის მობრუნებით ვერტიკალური ღერძის გარშემო იცვლება მკვებავი არხების მდებარეობა - ხდება ღრეჩობის გადანაცვლება ერთი ნახვრეტიდან მეორეზე. მაშასადამე, იქმნებიან ერთმანეთისგან იზოლირებული საკნების ჯგუფები.

მუშაობის დროს ხსნარები უწყვეტად გაედინებიან აპარატის შესაბამის საკნებში. თითოეული ტრაქტის გამომავალი ნაკადი ერთიანდება შემკრებ გამომყვან არხებში.

პაკეტის განაპირა საკნები, რომლებიც განლაგებულია უშუალოდ ელექტროდებთან, წარმოადგენენ ელექტროდულს.

აპარატის კონსტრუქცია გამორიცხავს გადასამუშავებელი ხსნარების კონტაქტს ნებისმიერ კვანძებთან და დეტალებთან, გარდა მიმყვანი და გამომყვანი მილ-გაყვანილობებისა, პოლიეთილენის საფენებისა და მემბრანებისა.

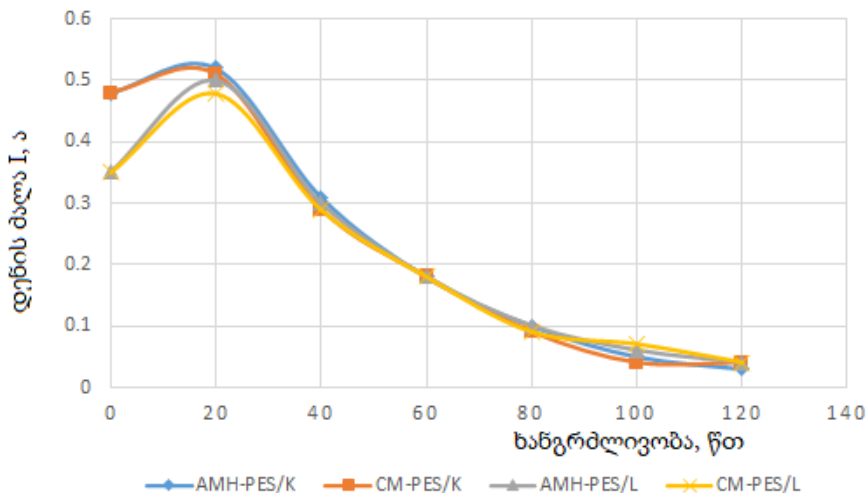
აპარატის ჩართვის სისტემაში გათვალისწინებულია ტექნოლოგიურ მილგაყვანილობებთან და ელექტრო კვებასთან განრთვის და შეერთების აუცილებელი ადგილები. ამის წყალობით ადვილად მზადდება აპარატი აწყობილი სახით გადასადგილებლად.

მიღებულ იქნა ექსპერიმენტის შემდეგი პარამეტრები:

- სითხეების ტემპერატურა ყველა კონტურში (14–16)°C
- მაქსიმალური დენის ძალა 0,8 ა
- გადატუმბვის სიჩქარე ყველა საკანში 60 ლ/სთ

ელექტროდული ხსნარი ძმარმუავა ნატრიუმის ხსნარი, რომლის კუთრი ელექტრო გამტარებლობა (კევ) არის (16–22) მკსიმ/სმ, იგი აჭარბებს რძის მუავას კევ-დანადგარის მუშაობის ტექნოლოგიური ციკლი ითვალისწინებს რძის შრატის ერთი ჩატვირთვის ხანგრძლივობას – 2 სთ, ჩატვირთვების რაოდენობა – 3, სინჯების აღება საცირკულაციო კონტურებიდან ყოველ 15 წთ.

ხაჭოს პასტერიზებული შრატის დამუშავების დროს მოდულზე მიწოდებული ძაბვა რჩებოდა მუდმივი (20 ვ) მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში. ამ დროს დენის ძალას და შესაბამისად მის სიმკვრივეს ექსპერიმენტის პროცესში ჰქონდათ ამ მაჩვენებლისათვის მახასიათებელი დამოკიდებულება დროზე (ნახ. 3).

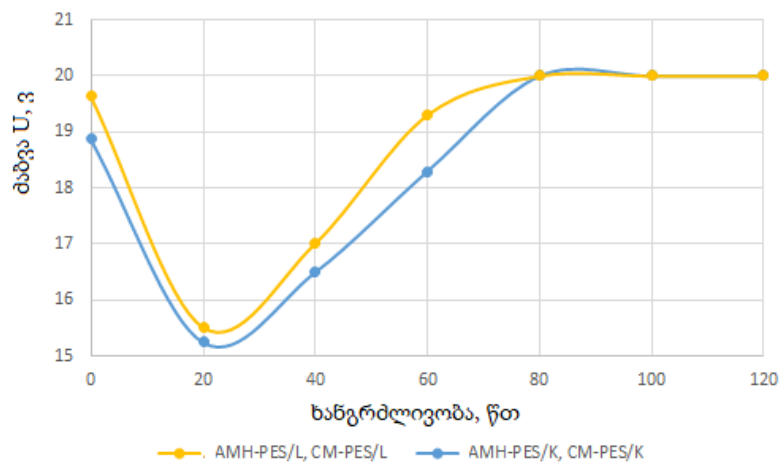


ნახ.3. პასტერიზებული რძის შრატის დემინერალიზაციის პროცესში დენის ძალის ცვლილების კინეტიკა

პასტერიზებული რძის შრატის დამუშავების დროს დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა აჭარბებდა 0,62 ა. ჩატვირთვების ჩატარების დროს, დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა მცირდებოდა, ხოლო მისი დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს ჰქონდა უფრო დახრილი სახე უწყვეტი ლამინირებით დამზადებული მემბრანების გამო-



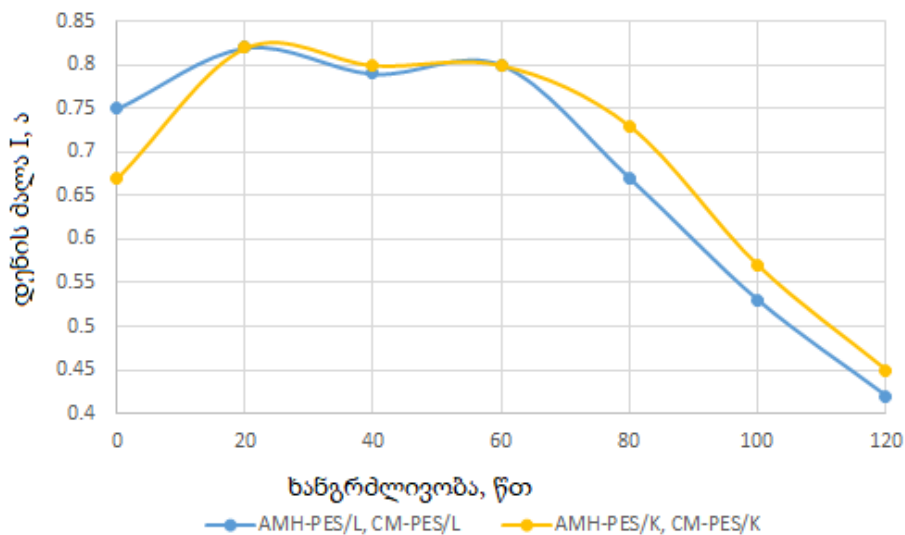
ყენებისას დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა მეტია, ხოლო მისი დროზე დამოკიდებულება ექსპერიმენტის ჩატარებისას არის მეტად დახრილი.



ნახ. 4. ძაბვის ცვლილება შესქელებული ხაჭოს შრატის დემინერალიზაციის პროცესში

დადგენილია, რომ შესქელებული ხაჭოს შრატის დამუშავების დროს, მოდულზე მიწოდებული ძაბვა დროის საწყის მომენტში მცირდებოდა 15 ვ-მდე, ხოლო 70 წთ შემდეგ ძაბვა აღწევდა 20 ვ და რჩებოდა მუდმივი მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში (ნახ. 4).

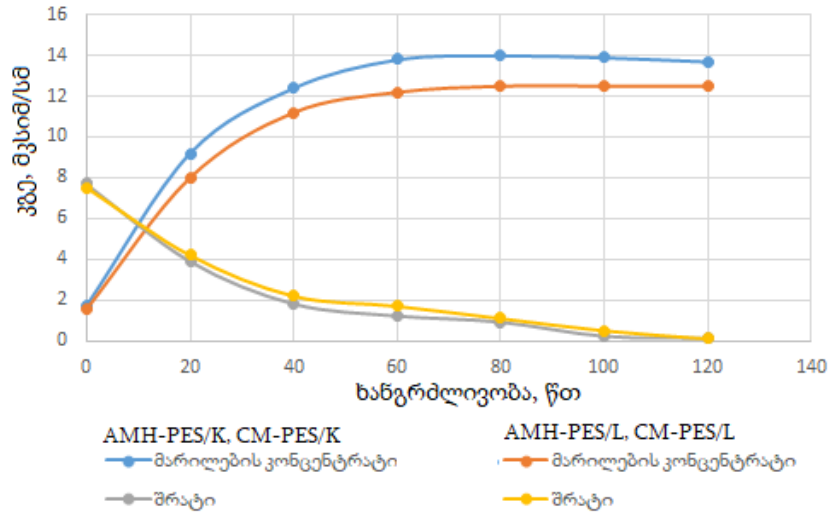
ამ დროს დენის ძალას და მის სიმკვრივეს ჰქონდათ ამ მაჩვენებლისათვის მასხასიათებელი დამოკიდებულება ექსპერიმენტის წარმართვის დროზე (ნახ. 5). შესქელებული შრატის დამუშავების დროს პირველი 70 წთ განმავლობაში დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ აჭარბებდა 0,8 ა.



ნახ. 5. დენის ძალის კინეტიკის ცვლილება შესქელებული შრატის დემინერალიზაციის პროცესში

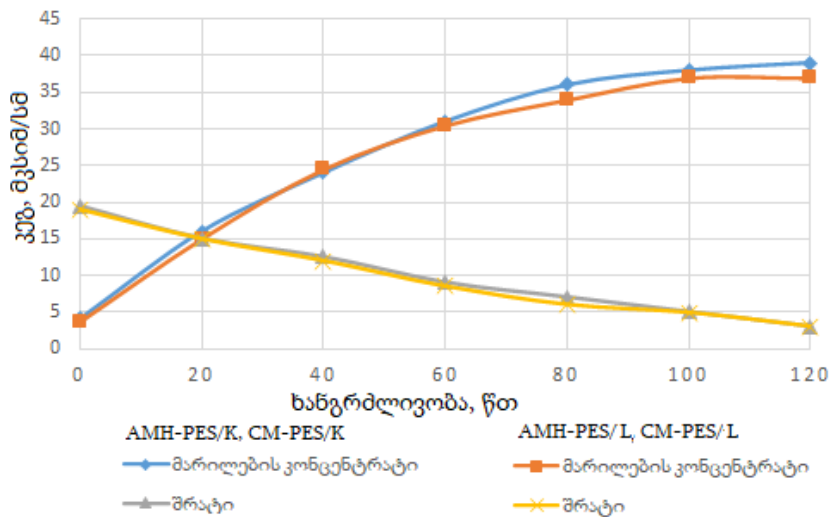
უწყვეტი ლამინირებით მიღებული მემბრანების გამოყენების დროს მინიმალური ძაბვა იყო ქვემოთ, ხოლო დენის ძალა ნარჩუნდებოდა მაქსიმალურ დონეზე 75 წთ განმავლობაში. ანალოგიური სახე აქვს დენის სიმკვრივის დროზე დამოკიდებულებას.

პასტერიზებული რძის შრატის დამუშავების დროს კონცენტრატის კეგ დანადგარის მუშაობის პირველი 60 წთ იზრდება 6-ჯერ, დემინერალიზაციის შემდეგ 60 წთ-ში იცვლება 2 მკსიმ/სმ-ით (ნახ. 6). ჩატვირთვების შესრულების დროს ელექტროგამტარებლობის ცვლილების სიხქარე უმნიშვნელოდ მცირდება.



ნახ. 6. კუთრი ელექტროგამტარებლობის ცვლილების კინეტიკა პასტერიზებული ხაჭოს შრატის დემინერალიზაციის პროცესში

მაქსიმალური ელექტროგამტარებლობა მემბრანების AMH-PES/K, CM-PES/ გამოყენების დროს უმნიშვნელოდ მაღლაა, ვიდრე მემბრანების AMH-PES/L, CM-PES/ გამოყენების დროს.



ნახ. 7. კუთრი ელექტროგამტარებლობის ცვლილების კინეტიკა შესქელებული ხაჭოს შრატის დემინერალიზაციის პროცესში

შესქელებული ხაჭოს შრატის ელექტროლიზის პროცესში კონცენტრატში გადადიან დადებითად და უარყოფითად დამუხტული იონები, რის შედეგადაც იცვლება ხსნარის პარამეტრები. კონცენტრატის ეგ დანადგარის მუშაობის 100 წთ განმავლობაში გაიზარდა 10-ჯერ, შემდეგ მცირდება უმნიშვნელოდ (ნახ.7). ელექტროლიზის პროცესში შრატის კეგ მცირდება, მისი შემცირების ინტენსივობა დამოკიდებულია ჩატვირთვაზე. თითოეულ ჩატვირთვაზე მცირდება, მემბრანის სახეზე

დამოკიდებულებით, ლამინირებული მემბრანების გამოყენების დროს ინტენსივობა მაღლაა. შრატის კვებ შემცირების ინტენსივობა ელექტროდიალიზის პროცესში ლამინირებული მემბრანებისათვის მაღლაა 0,5 მკსიმ/სმ.

ნატურალური და შესქელებული ხაჭოს შრატის ელექტროდიალიზის პროცესში ელექტროდული ხსნარის მახასიათებლები იცვლება შემდეგი სახით: კვებ მცირდება უმნიშვნელოდ, 0,6 ერთეულით, ექსპერიმენტის მთელი დროის განმავლობაში; აქტიური სიმუხვე უმნიშვნელოდ იცვლება და ირხევა მზომი ხელსაწყოების ცდომილების ფარგლებში.

*This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) under GENIE project [grant number CARYS-19-972]*

#### ლიტერატურა

1. Roman A. Partial demineralization and concentration of acid whey by nanofiltration combined with diafiltration // Desalination. № 241. 2009, pp. 288–295.
2. Rukhadze Sh., Kamkamidze N., Gobejvili L., Khazaradze N. “FRESHWATER SUPPLY FOR SHIPS DESALINATED BY METHOD OF ELECTRODIALYSIS”, International Scientific Journal "Innovations", Year VI Issue 3/2018, Sofia ISSN Print 2603-3763 ISSN Web 2603-3771, pp. 116-118.
3. Rukhadze Sh., Tolmachev L., Afridonidze M., Khetsuriani G., Gvinepadze A., Pkhakadze V., Silagadze M. Rukhadze Sh., Tolmachev L., Afridonidze M., Khetsuriani G., Gvinepadze A., Pkhakadze V., Silagadze M. “The Milk Whey Processing-Less Technology Using Bipolar Electro-dialysis”, Collection of works, 2020, Kiev, Ukraine.
4. Suarez E. Partial demineralization of whey and milk ultrafiltration permeate by nanofiltration and pilot-plant scale // Desalination. № 198.2006, pp. 274–281
5. რუხაძე შ.შ., აფციური ა.ზ., აფრიდონიძე მ.დ. ელექტროდიალიზის პროცესის ექსპერიმენტული კვლევების შედეგები. /მესამე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“, შრომათა კრებული, ქუთაისი, 2015.

#### SUMMARY

#### EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE OPTIMAL KINETIC AND ENERGY PARAMETERS OF MILK WHEY DEMINERALIZATION

Rukhadze Sh.Sh., Tolmachev L.I., Gvinepadze A.Sh., Afridonidze M.D., Nurmukhamedov A.M.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Membranines Technologijos LT, Klaipeda

Milk processing company "Atinati"

Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent

In order to reduce the price of dairy products and exclude environmental damage caused by improper utilization of whey, it is necessary to ensure its 100% processing by applying advanced innovative technology. Acid whey processing is the biggest problem in the production of lactose by applying the existing technology. Therefore such whey requires further processing. First and foremost, it is necessary to provide partial demineralization. Demineralization of pasteurized curdy acid whey was carried out on an electro-dialysis laboratory device. During whey processing, voltage supplied to the module remained constant (20 V) throughout the experiment. At this time, the strength of the current and consequently its density had a dependence on time characteristic for this indicator. During processing of concentrated whey, the maximum value of the current strength, for the first 70 minutes, did not exceed 0.8 A. In the process of electro-dialysis of natural and concentrated curdy whey, the characteristics of the electrode solution change as follows: the specific electrical conductivity decreases slightly, just by 0.6, throughout the experiment; the active acidity varies slightly.

**Keywords:** milk way, demineralization, electro-dialysis.

ვირის რძის შედგენილობა და თვისებები

ცინცაძე მ.ა., ოსიაშვილი ნ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ვირის რძეს ადამიანი 7000 წლის წინ მოიხმარდა, მის შესახებ პირველი ცნობები ძვ. წ (460–370 წ) მოიპოვება, სადაც ჰიპოკრატემ მედიცინის მამამ პირველმა აღწერა ვირის რძის სამკურნალო ღირსებები. ის ვირის რძეს იყენებდა მთელი რიგი დაავადებების სამკურნალოდ.

პლინიუს უხუცესმა (ახ. წ. 23–79) თავის ენციკლოპედიურ ნაშრომში Naturalis historia ვრცლად აღწერა ვირის რძის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

თანამედროვე ლიტერატურული წყაროების მიხედვით ვირის რძე გამოირჩევა უნიკალური სამკურნალო თვისებებით, რომელიც თავისი ქიმიური შედგენილობით ძალიან ჰგავს დედის რძეს. კერძოდ, დაბალი ცხიმის შემცველობით და ლაქტოზის მაღალი შემცველობით.

ვირის რძის შემადგენლობაში შედის: წყალი, ცხიმი, ფოსფატები, ცილები, რძის შაქარი, მინერალური ნივთიერებები, ვიტამინები, ფერმენტები და აირები (ცხრილი).

ვირის რძის ქიმიური შედგენილობა

შედგენილობა	რაოდენობა
pH	7,0 – 7,2
პროტეინი (გ/ 100 გ)	1,5 – 1,8
ცხიმი (გ/ 100 გ)	0,3 – 1,8
ლაქტოზა (გ/ 100 გ)	5,8 – 7,4
ნახშირწყლები (გ/ 100 გ)	8,8 – 11,7
კაზეინი (გ/ 100 გ)	0,64 – 1,03
სხვა პროტეინები (გ/ 100 გ)	0,49 – 0,80

წყალი – რძის ყველა შემადგენელი ნაწილი წყალშია განაწილებული: ცხიმი წვრილი ბურთულაკების სახით, ცილები კოლოიდურ მდგომარეობაშია, რძის შაქარი და მინერალური ნივთიერებები წყალში გახსნილია. რძის შემადგენელი ნაწილებიდან ყველაზე მეტი მასური წილი წყალზე მოდის, ვირის რძეში მისი რაოდენობა 88–90 %

მშრალი ნივთიერება – რძის მშრალ ნივთიერებაში შედის რძის ყველა შემადგენელი ნაწილაკი (ცილა, ცხიმი, რძის შაქარი და მინერალური მარილები), გარდა წყლისა და აქროლადი ნივთიერებებისა. ვირის რძეში მშრალი ნივთიერების რაოდენობა 100 გ რძეში 8,8 – 11,7 გ-ია.

რძის ცხიმი – წარმოადგენს გლიცერიდების ნარევს, მასში შედის აგრეთვე მონოგლიცერიდები და დიგლიცერიდები, თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები და სხვა. ვირის რძეში ცხიმის შემცველობა საშუალოდ 100 გ რძეში 0,3–1,8 გ-მდე მერყეობს.

ნეაპოლის უნივერსიტეტში ჩატარებული კვლევების შედეგად ვირის რძეში აღმოაჩინეს ომეგა 3 და ომეგა-6 ცხიმოვანი მჟავა. ცხიმების შემადგენლობაზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენეს ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავების დაბალი შემცველობა და უჯერი ომეგა 3 დიდი რაოდენობით შემცველობა.

რძის ცილები – ცილები ითვლება რძის ყველაზე ძვირფას კომპონენტად. რძე შეიცავს სხვადასხვა სახის ცილას, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან აგებულებით და თვისებებით. ვირის რძეში მათი მასური წილი მშრალ 100 გ რძეში 1,5–1,8 გ-მდეა.

კაზეინი – რძის ძირითადი ცილაა, მიეკუთვნება ფოსფორ-პროტეინების ჯგუფს. რომელიც წარმოიქმნება თავისუფალი ამინომჟავებისა და გლუკოზის ნაწილისაგან, რაც სისხლის პლაზმას მიაქვს სარძევე ჯირკვალში. ვირის რძეში კაზეინის შემცველობა 100 გ პროდუქტში დაახლოებით 0,64–1,03 გ-ია.

შრატის ცილები ალბუმინი და გლობულინი უფრო სრულფასოვანია, ვიდრე კაზეინი, რადგან მათ შემადგენლობაში მეტია შეუცვლელი ამინომჟავების რაოდენობა. ვირის რძეში მათი შემცველობა 100 გ რძეში 0,49–0,80 გ, ვირის რძის სასარგებლო თვისებებს სწორედ რძეში ალბუმინის დიდი რაოდენობით შემცველობა განაპირობებს. სახედრის რძეში ალბუმინის რაოდენობა მეტია, ძროხის რძესთან შედარებით.

რძის შაქარი ლაქტოზა – მიეკუთვნება დისაქარიდებს, შედგება გლუკოზისა და გალაქტოზისაგან. ლაქტოზას მხოლოდ რძე შეიცავს და არც ერთ სხვა პროდუქტში არ არის აღმოჩენილი. მისი სინთეზი უშუალოდ სარძევე ჯირკვლებში მიმდინარეობს. ვირის რძეში მისი რაოდენობა დაახლოებით 100 გ რძეში 5,8–7,4 გ.

სხვა ნახშირწყლებისგან განსხვავებით ლაქტოზა ნელა შეიწოვება ნაწლავების ხაობის მიერ და ამით ასტიმულირებს მათში რძემჟავური ჩხირების განვითარებას, რომლებიც წარმოქმნიან რა რძის მჟავას, თრგუნავენ ღპობის წარმომქმნელ მიკროფლორის განვითარებას და ამით ხელს უწყობენ კალციუმისა და ფოსფორის უკეთ შეთვისებას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ლაქტოზის როლი ბავშვთა კვებაში. სწორედ ვირის რძეში ლაქტოზის მაღალი შემცველობა განაპირობებს ამ ნედლეულის გამოყენებას ბავშვთა კვებაში.

ვირის რძე მდიდარია მინერალებით, მიკროელემენტებით და ვიტამინებით.

რძის შემადგენლობაში შედის ორგანული და არაორგანული მჟავების მარტივები მოლეკულური და კოლოიდური ხსნარების სახით. ვირის რძე შეიცავს ყველა იმ მინერალურ ნივთიერებებს, რაც აუცილებელია ახალშობილის ნორმალური ზრდა – განვითარებისათვის. მის შემადგენლობაში შედის ისეთი მიკროელემენტები, როგორცაა კალციუმი, მაგნიუმი, ფოსფორი, ნატრიუმი, რკინა და თუთია.

რძე ადამიანისათვის ვიტამინების მნიშვნელოვანი წყაროა. ვირის რძე შეიცავს ცხიმში ხსნად (A, D, E, K) და წყალში ხსნად (B და C) ჯგუფის თითქმის ყველა ვიტამინს. ძროხის რძესთან შედარებით ვირის რძეში 60-ჯერ მეტია C + – ვიტამინის შემცველობა.

ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებების გამო, ვირის რძე ფართოდ გამოიყენება როგორც მედიცინაში, აგრეთვე კოსმეტიკის სექტორში კანის რეგენერაციისა და დამამშვიდებელი თვისებებით კრემებისა და საპნების საწარმოებლად. თუმცა ყველაზე მნიშვნელოვანია ვირის რძის გამოყენება ადამიანთა კვებაში, განსაკუთრებით ძროხის რძის ცილების აუტანლობის ან ალერგიის დროს, როგორც დედის რძის შემცვლელი.

### **დასკვნები.**

ვირის რძეზე უკანასკნელ პერიოდში გაიზარდა ინტერესი მისი გამოყენების პოტენციალი სულ უფრო იზრდება. სხვადასხვა ავტორების მიერ მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები ადასტურებს ვირის რძესა და ადამიანის რძეს შორის მსგავსებას, რის გამოც ის შესაძლებელია გამოყენებული იქნას იმ ახალშობილთა საკვებად, რომლებსაც აღენიშნებათ ალერგია ძროხის რძის ცილაზე.

ვირის რძის წარმოება გავლენას ახდენს არა მხოლოდ კვების, სამედიცინო და კოსმეტიკურ სფეროზე, არამედ აუცილებლად ზოოტექნიკურ სექტორზეც, რაც ამ უკანასკნელებს ეხმარება ვირის მოშენების ტრადიციის შენარჩუნებაში და გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი ადგილობრივი ჯიშების შენარჩუნებაში. რაც უზრუნველყოფს კომპლექსურად რამდენიმე დარგის განვითარებას და ჩვენს ქვეყანაში არსებული გადაშენების პირას მყოფი ადგილობრივი ჯიშის ვირის სულადობის შენარჩუნებას და მრავალი სასარგებლო თვისებების მქონე რძის წარმოებას.

**ლიტერატურა**

1. გონაშვილი. შ. რძისა და რძის პროდუქტების ქიმია და ანალიზი. –თბილისი, საბჭოთა საქართველო, 1963, 271 გვ.
2. Paolo Polidori, Daniela Beghelli, Pierluigi Mariani & Silvia Vincenzetti . Donkey milk production: state of the art. //Italian Journal of Animal Science, V. 8, 2009, pp. 677-683.
3. Mohammed Osman Swar / Donkey milk-based formula: A substitute for patients with cow's milk protein allergy. // Sudanese Journal of Paediatrics, 2011, 11(2), pp. 21-24.
- 4.

**SUMMARY**

**COMPOSITION AND PROPERTIES OF DONKEY MILK**

**Tsintsadze M.A. and Osiashvili N.B.**

**Georgian Technical University**

The virtues of donkey milk have been known since time immemorial, being one of the most valuable food products. It contains all the useful substances necessary for human nutrition, especially valuable for children and the sick who need easily digestible food. Foods with unique characteristics are of great medical and nutritional importance, as they can be classified as pharmaceutical or nutritional foods.

**Keywords:** donkey, milk, protein, fat.

ადაკტირებული ზაანანის და ალკური თხების მოვლა-შენახვის არსებული პირობების და შენობა-ნაგებობების შეფასება

ჟღენტი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღეისათვის მეთხეობის დარგის წარმატების საწინდარი, მსოფლიოში, მრავალწლიანი სელექციის შედეგად, გამოყვანილი მაღალპროდუქტიული თხის ჯიშებია, რომელთა შორის, ყველაზე მაღალი ლაქტაციით ლიდერობენ ევროპული, კერძოდ, შვეიცარული თხები.

ისინი ადვილად ეგუებიან სხვადასხვა მოვლა-შენახვის პირობებს, კლიმატს, საკვებს, საძოვარს. თუმცა, მიუხედავად ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებებისა, მაქსიმალურად მაღალი მონაწველის მისაღებად ერთ-ერთი აუცილებელი პირობა არის მათი მოვლა-შენახვა თანამედროვე სტანდარტებით აშენებულ ფერმებში.

თხებისათვის ფერმის აშენებისას მრავალი ფაქტორი უნდა იყოს გათვალისწინებული, მათ შორის: ფერმის ადგილმდებარეობა, კლიმატი, რელიეფი, ფერმის მიმართულება, უზრუნველყოფა წყლით, ელექტროენერგიით, მისასვლელი გზებით. უნდა გავითვალისწინოთ საცხოვრებელი პუნქტებისაგან დაცილება სანიტარულ-დამცავი ზონით განსაზღვრული მანძილით, რომელიც მეთხეობის ობიექტებიდან დასახლებულ პუნქტამდე უნდა შეადგენდეს 300 მეტრს.

მეთხეობის ობიექტებისა და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გადამამუშავებელ და შემნახველ საწარმოებს შორის არსებული სანიტარული დაშორებანი მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. მინიმალური მანძილი მეთხეობის ობიექტებსა და საწარმოებს შორის

ობიექტები	მინ. დაშორება, მ <sup>2</sup>
საკვებდამამზადებელი	100
მარცვლეული კულტურებისა და ხილ-ბოსტნეულის გადამამუშავებელი	100
რძის წარმოების (12 ტონამდე დღეში)	50
რძის წარმოების (12 ტონაზე მეტი დღეში)	200
ფრინველისა და ცხოველის ხორცის დამამზადებელი (10 ტონამდე ცვლაში)	300
ფრინველისა და ცხოველის ხორცის დამამზადებელი (10 ტონაზე მეტი ცვლაში)	1000
მარცვლეულის, ხილ-ბოსტნეულისა და კარტოფილის საწყობები	50

ზემოთ წარმოდგენილი მონაცემების გარდა ფერმის დაგეგმარება-მშენებლობისას გასათვალისწინებელია: თხის რაოდენობა ჯგუფებში პროდუქტიული მიმართულების მიხედვით; საწარმოო მომსახურების, სასაწყობო და დამხმარე შენობა-ნაგებობების ნომენკლატურა; შენობა-ნაგებობების განლაგების ურთიერთკავშირისა და ტერიტორიის დაგეგმარების მოთხოვნები; ცალკეული ნაგებობების განლაგების, ტექნოლოგიური კავშირებისა და დაგეგმარებისადმი წაყენებული მოთხოვნები; ძირითადი საწარმოო შენობა-ნაგებობების სამშენებლო გადაწყვეტისადმი წაყენებული ტექნოლოგიური მოთხოვნები; მეთხეობის ობიექტების ტექნოლოგიური ჯგუფების სიდიდე და ფარის სტრუქტურა; მოედნების ნორმები და შენობა-ნაგებობების ძირითადი ტექნოლოგიური ელემენტების ზომები; საკვების მარაგისა და მოხმარების ნორმატივები; ჰაერის პარამეტრების ნორმები და მოთხოვნები ვენტილაციისადმი; წყლის მოხმარების ნორმები და მოთხოვნები კანალიზაციისადმი; ტექნოლოგიური დანადგარები, საწარმოო პროცესების მექანიზირება და ავტომატიზირება. აღნიშნული მოთხოვნები გაწერილია და რეგულირდება საქართველოში ფერმის მოწყობის მინიმა-

ლური სტანდარტის მონაცემებით მთიანი და დაბლობი რეგიონებისათვის, სოფლის განვითარების სააგენტოს მიერ შემუშავებული დანართი №10.1 [1-7].

ჩვენი კვლევა მიმდინარეობდა ორ ფერმაში. ერთი მდებარეობს ქალაქ რუსთავის შემოგარენში (სტეპის ზონა), ხოლო მეორე-მცხეთის მუნიციპალიტეტის სოფელ გალაგანში (მთისწინეთის ზონა). კვლევის მიზანი იყო შეგვესწავლა ევროპიდან შემოყვანილი, მაღალპროდუქტიული მერძეული ჯიშების (ზაანენი და ალპური) თხების ადაპტაციის უნარი საქართველოში. მათგან მიღებული ნამატის ზრდა-განვითარება, პროდუქტიულობა, ფიზიოლოგიურ-ბიოლოგიური მაჩვენებლები და მიღებული მონაცემები შეგვედარებინა ამ ჯიშების სტანდარტულ მაჩვენებლებთან. ცდაში მონაწილეობდა 100 სულამდე თხა.

ადაპტაციის შესწავლისას, თუ გვსურს, ცხოველმა გამოავლინოს ჯიშისათვის დამახასიათებელი პროდუქტიულობის მაქსიმალური პოტენციალი ყველა მიმართულებით, მას უნდა შევუქმნათ მოვლა-შენახვის საუკეთესო პირობები ვეტერინარული და სანიტარულ-ჰიგიენური კუთხით. კვლევის მიმდინარეობისას ფერმერების ყურადღება მაქსიმალურად მივმართეთ სწორედ ამ საკითხების გაცნობისაკენ.

**ცხრილი 2. თხის ფერმაში ფართობის ნორმა ერთ სულ მაღალპროდუქტიულ ევროპული ჯიშის თხაზე, მ<sup>2</sup>**

თხის ჯგუფები	შენობა-ნაგებობანი გამოზრდის ტიპები	ფართობის ნორმა ერთ სულზე (მ <sup>2</sup> )
		ევროპული მერძეული თხა
მწარმოებელი და მეკოლარი ბოტები	ჯგუფურ სელექციებში	1,92
	ინდივიდუალურ ბაგებში	2,64
	საკვებ მოედნებზე	3,6
დედალი თხები	ჯგუფურ სელექციებში	0,84
	ბაგაში	0,84
	ინდივიდუალურ ბაგებში დედისა და თიკნისათვის	1,8
	ჯგუფურ სელექციებში დედისათვის	1,8
	ჯგუფურ სექციაში თიკნისათვის	0,5
	საკვებ მოედანზე	3,6
სარემონტო და სასუქი ჯგუფი	ჯგუფურ სექციაში	0,6
	საკვებ მოედანზე	3
თიკნები	ხელოვნური გამოზრდისას 10 დღემდე	0,3
	ჯგუფურად 10 დღეზე მეტი	0,5

რუსთავის და მცხეთის ფერმებში დაცილება დასახლებულ პუნქტებსა და ფერმებს შორის 300 მეტრი დაცულია. ასევე გათვალისწინებულია, რომ ფიზიოლოგიური მდგომარეობის მიხედვით: მაკე, ახალი ნამშობიარები, დედა და თიკანი სულაღობა, მოზარდების სხვადასხვა სქესობრივ-ასაკობრივი ჯგუფი, ბოტი მწარმოებელი, ორივე ფერმაში, გამოიწვევად, ცალ-ცალკეა მოთავსებული, სტანდარტებთან მაქსიმალურად მიახლოებულ ფართობებში.

მე-2 ცხრილში მოცემულია ფართობის ნორმა ერთ სულ მაღალპროდუქტიულ თხაზე (მ<sup>2</sup>). ექსპერიმენტულ ფერმებში, როგორც ავღნიშნეთ, ეს მონაცემები დაცულია, მცირედი ცდომილებით, რაც დადებითად მოქმედებს ცხოველთა ჯანმრთელობის და ზოგად მდგომარეობაზე. აგრეთვე, აადვილებს მათზე დაკვირვებას და მონაცემების მოგროვებას ყოველდღიურ რეჟიმში.

თუმცა, საკვლევ ფერმებში არის გარკვეული ხარვეზები. მაგალითად: დამხმარე შენობები, მათ შორის, რძის საწარმოს დაცილება ცხოველთა სადგომიდან არ შეესაბამება სტანდარტულ მოთხოვნებს, რომლებიც მოცემულია ცხრილ 1-ში.



ნორმით უნდა მდებარეობდეს 50 მ-ში. ორივე ფერმაში რძის საწარმო, რომელიც არ აწარმოებს 12 ტ-ზე მეტს დღეში, ფერმის შენობის კედელზეა მიდგმული, ოღონდ იზოლირებული შესასვლელით.

ფერმებში დარღვეულია სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმები, რაც გულისხმობს საწუნწუხე სადინარების და ქვეშაფენის უსუფთაობას. სადინარები არაა დახრილი საჭირო კუთხით, რაც იწვევს წუნწუხის გადინების შეფერხებას. ამას ერთვის, ცხოველთა სადგომში სავენტილაციო სისტემების არ ქონა, განიავება მხოლოდ ფანჯრებისა და კარების მეშვეობით ხდება. ყოველივე ეს კი იწვევს ფერმაში შარდოვანას დაგროვებას. ფერმის შესასვლელში არ არის განთავსებული დეზობარიერები. სარწყულელებში და საკვებურებში არაა დაცული სისუფავე, რაც თხებს უქვეითებს მადას. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს ჯიშები ძალიან მომთხოვნი არიან სუფთა საკვების და წყლის მიმართ. ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილი კი პირდაპირ კავშირშია, ცხოველთა ჯანმრთელობასთან, კვებასა და პროდუქტიულობასთან.

აღნიშნული ხარვეზების აღმოსაფხვრელად ფერმერებს მიეცათ საჭირო რეკომენდაციები, სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების, დარწყულების, კვების სრულფასოვანი რაციონის გაუმჯობესების, შენობის და ცხოველთა სადგომის სტანდარტული ზომების დასაცავად. რეკომენდაციების გაცემიდან მოკლე ვადაში მეპატრონეებმა გამოსწორეს მდგომარეობა, რაც დადებითად აისახა თხების ჯანმრთელობაზე, ზრდა-განვითარებასა და პროდუქტიულ მანვენებლებზე.

მეთხეობის ფერმის სტანდარტული მონაცემების ცოდნის გარეშე რთულია ცხოველთა მოშენების ეფექტურად წარმოება. აღნიშნული საკითხების ცოდნა, მომავალშიც დაგეგმარება ფერმერებს გაეწეოთ საფუძვლიანი კონსულტაციურეკომენდაციები ფერმის სწორად დაგეგმარება-მშენებლობასთან დაკავშირებით, რაც აღნიშნული საქმიანობის წარმატებით წარმართვის საწინდარია.

## REFERENCES

1. დლიდვაშვილი ვასილ. საქართველოს მეთხეობა. –თბილისი, გამომცემლობა „აღმაშენებელი“, სააქციო საზოგადოება „ფარნავაზი“, 1996, გვ. 21-33.
2. დლიდვაშვილი ვასილ. მეთხეობის დარგისა და პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგია. – თბილისი, გამომცემლობა „ვეტერინარია“, 2001, გვ. 160-182.
3. დლიდვაშვილი ვასილ, დლიდვაშვილი გელა. თანამედროვე კომფორტულ ფერმებში თხის მოშენება და პროდუქტების წარმოება. –თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2018, გვ. 83-106.
4. Martha Maeda: How to Raise Dairy Goats. Atlantic Publishing Group inc. Florida (2020); 8-10.
5. <http://agro365.ru/pomeshheniya-dlya-soderzhaniya-koz.html>
6. <http://www.ploegint.nl/%d1%8d%d0%ba%d1%81%d0%bf%d0%be%d1%80%d1%82-%d0%ba%d1%80%d1%83%d0%bf%d0%bd%d0%be%d0%b3%d0%be-%d1%80%d0%be%d0%b3%d0%b0%d1%82%d0%be%d0%b3%d0%be-%d1%81%d0%ba%d0%be%d1%82%d0%b0/d0%b4/d0%be%d0%b9/d0%bd/d1%8b/d0%b5-%d0%ba/d0%be/d0%b7/d1%8b/?lang=ru>
7. <http://rda.gov.ge/files/manager/farm%20criteria.pdf>

## SUMMARY

### EVALUATION OF ADAPTED ZAAENEN AND ALPINE GOAT CARE CONDITIONS AND BUILDING FACILITIES

Zhghenti T.G.

Georgian Technical University

The aim of this study was to investigate the adaptability, growth, development and productivity of high-yielding dairy breeds (Saanen and Alpine) brought from Europe to Georgia; The study of this issue, along with the study and processing of goats' growth and development, productivity, physiological-biological parameters, to reveal the maximum productive potential of these breeds, also includes the conditions of their care and storage. These are: criteria and norms for farm construction, observance of sanitary-hygienic rules in the animal park, ventilation of the building and other issues. To do this, we found standard fishery data for European breed goats and compared them with those found in the research farms. A good knowledge of these issues will help us to provide farmers with thorough advice-recommendations on proper planning-construction of the farm, which will help to conduct these activities properly and successfully.

**Keywords:** saanen goats, alpine goats, farm, adaptation.

ინდაურის ხორცის უსაფრთხოების მაჩვენებლების განსაზღვრა

ფხაკაძე მ.დ., თავიდიშვილი დ.რ., ღაჭავაძე ნ.ნ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

კვება ადამიანის ნორმალური განვითარების, აქტიური ცხოვრების გახანგრძლივების და საბოლოო ჯამში, პროგრესისა და ცხოვრების ხარისხის გადამწყვეტი პირობაა.

ცივილიზაციის ტექნოგენური ზემოქმედების ინტენსიფიკაციასა და საზოგადოების ურბანიზაციასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრესინგი, ყოველდღიურ კვების რაციონში შეუცვლელი და ფიზიოლოგიურად აუცილებელი ნუტრიენტების დეფიციტი ადამიანის ორგანიზმში იწვევს იმუნიტეტის, გონებრივი და ფიზიკური აქტიურობის დაქვეითებას, ქრონიკული დაღლილობის სინდრომს, ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას, გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, ონკოლოგიურ, და სხვა დაავადებებს. წარმოიქმნება ახალი, უცნობი პათოლოგიები, მათ შორის ისეთიც, რომლებიც გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმის გენეტიკურ აპარატზე.

საქართველოში მოსახლეობა ტრადიციულად მოიხმარს საქონლის, ღორის, ცხვრის და ქათმის ხორცს, ახალ წელს და აღდგომას – ინდაურის ხორცს. ამავდროს, ქვეყნის დღევანდელი ცხოვრების რეალობას წარმოადგენს პირუტყვის სულადობის შემცირება და საქონლის ხორცის მკვეთრი ნაკლებობა.

ამ მხრივ გამართლებულად მიგვაჩნია ჯანსაღი კვების პროდუქტის წარმოებაში სოფლის მეურნეობის ისეთი მალმწიფადი დარგის შესაძლებლობების ფართო გამოყენება, როგორცაა მეფრინველეობა, კერძოდ კი – მენდაურეობა.

ინდაური – ყველაზე მსხვილი სასოფლო-სამეურნეო ფრინველია. სხვა სახის ფრინველის ხორცისგან განსხვავებით, ინდაურის ხორცი უკეთ შეითვისება და მოინელება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ფერმენტებით, მეტი რაოდენობით შეიცავს ცილას, ნაკლებად ცხიმოვანი და დაბალკალორიულია; ფოსფორის შემცველობით უახლოვდება თევზს, კალციუმის შემცველობით კი თითქმის 3-ჯერ აღემატება ქათმის ხორცს. ინდაურის ხორცი მდიდარია რკინით, სელენით, თუთიით, სპილენძით, კალიუმით და B ჯგუფის, PP, A და E ვიტამინებით.

ინდაურის ხორცის კონსისტენცია წვრილბოჭკოვანია და ნაზი. საქონლის, ღორისა და ფრინველის ხორცთან შედარებით მისი ხორცის მორფოლოგიური მახასიათებლები, ტექნოლოგიური თვისებები, კვებითი და ბიოლოგიური ღირებულება უფრო მაღალია, რბილობის პროცენტული შემცველობა – საკმაოდ მეტი, შემაერთებული ქსოვილის – მნიშვნელოვნად ნაკლები.

ინდაურის ხორცი არ არის ალერგიული. კუნთოვანი ქსოვილის შეფერილობის მიხედვით ანსხვავებენ ინდაურის თეთრ და წითელ ხორცს. თეთრ ხორცში, მუქი ფერის ხორცთან შედარებით, მეტია ცილა და ნაკლებია ცხიმი. ამავდროს მუქი ხორცი უფრო ცხიმოვანი და კალორიულია, მეტი რაოდენობით შეიცავს რკინას, თუთიასა და სელენს, მაგრამ მასში შედარებით მაღალია ქოლესტერინის დონე. შესაბამისად, თეთრი ხორცი უფრო დიეტურია, ხოლო წითელი ხორცი რკინის მაღალი შემცველობის გამო ხელს უწყობს ანემიის პროფილაქტიკას [1-4].

ინდაურის ცოცხალი მასის 3-4%-ს შეადგენს საკვები სუბპროდუქტები, რომლებიც მდიდარია კარგად შესათვისებელი ცილით და ორგანული რკინით, იმავედროულად შედარებით მცირე რაოდენობით შეიცავს ცხიმს.

კვების პროდუქტების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით ჩვენს მიერ გამოკვლეული იქნა ინდაურის ხორცის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები (ცხრ. 1) და მასში ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობა (ცხრ. 2).

**ცხრილი 1. ინდაურის ხორცის მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები**

მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები	დასაშვები ნორმა	საოჯახო კარმიდამოში მოშენებული ინდაურის ჯიშები	
		ბროილერის	თეთრი ფართომკერდა
მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატიურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა, კწ/გ, არა უმეტეს	$5 \times 10^5$	$2,4 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^3$
ნჩჯბ (კოლიფორმები) 0,001 გ ნიმუშში	დაუშვებელია	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის <i>Salmonella</i> , 25 გ ნიმუშში	დაუშვებელია	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, რომ საკვლევ ნიმუშებში მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატიურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა არ აღემატება სანიტარული ნორმებითა და წესებით რეგლამენტირებულ მნიშვნელობას; არ იყო გამოვლენილი ნაწლავის ჩხირების ჯგუფის (კოლი ფორმის) ბაქტერიები და პათოგენური მიკროორგანიზმები, რაც ასევე შეესაბამება მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების ჰიგიენურ მოთხოვნებს.

**ცხრილი 2. ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობა ინდაურის ხორცში**

მაჩვენებლები	დასაშვები ნორმა, მგ/კგ	საოჯახო კარმიდამოში მოშენებული ინდაურის ჯიშები	
		ბროილერის	თეთრი ფართომკერდა
ტყვია	არა უმეტეს 0,5	0,12	0,16
კადმიუმი	არა უმეტეს 0,05	არ აღმოჩნდა <0,01	არ აღმოჩნდა <0,01
დარიშხანი	არა უმეტეს 0,1	არ აღმოჩნდა <0,0025	არ აღმოჩნდა <0,0025
ვერცხლისწყალი	არა უმეტეს 0,03	0,016	0,013

ცხრილის მონაცემების ანალიზი მეტყველებს, რომ ტყვიის, კადმიუმის, დარიშხანის და ვერცხლისწყალის შემცველობა სხვადასხვა ჯიშის ბოცვრის ხორცში არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს, რაც ასევე მიუთითებს მათ უსაფრთხოებაზე.

**ლიტერატურა**

1. Алексеев Ф.Ф. Индейка перспективная мясная птица. //Птица и птицепродукты, 2005, №5, сс.12-15.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01. -М.: ФГУП «ИнтерСЭН», 2002, 168 с.
3. Гоноцкий В.А., Федина Л.П. Судьба индейки. //Мясная индустрия, 2006, №3, сс. 39–42.
4. Хамнаева Н.И. Особенности санитарно-микробиологического контроля сырья и продуктов питания животного происхождения. -Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2006, 136 с.

**SUMMARY**

**DETERMINATION OF SAFETY CHARACTERISTICS OF TURKEY MEAT**

**Pkhakadze M.D., Tavdidishvili D.R. and Gachava N.N.**

**Akaki Tsereteli State University, Kutaisi**

Nutritional properties of turkey meat, peculiarities of white and red meat, the directions of their use and capabilities of application are considered. Microbiological indices and content of toxic compounds were researched with regard to safety of nutrients. Obtained results indicate of harm lessness and sanitary-hygienic reliability of turkey meat.

**Keywords:** turkey meat, nutritional properties, microbiological indices.



გურამ ტყემალაძე დაიბადა 1941 წლის 25 აპრილს თბილისში მათემატიკოსების ოჯახში.

1958 წელს წარჩინებით დაამთავრა თბილისის 51-ე საშუალო სკოლა. 1958–1963 წლებში სწავლობდა ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტზე.

1963–1965 წლებში მუშაობდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ბოტანიკის ინსტიტუტის მცენარეთა ბიოქიმიის ლაბორატორიაში ინჟინერ-ქიმიკოსად. 1965–1968 წლებში იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ბიოქიმიის ლაბორატორიის ასპირანტი, 1968–1975 წლებში – საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ბიოქიმიის ინსტიტუტის უმცროსი და უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი. 1970 და 1972 წლებში მისი შრომები ორჯერ იქნა აღიარებული წლის საუკეთესო ნაშრომებად. 1972–1976 წლებში თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიოლოგიისა და ქიმიის ფაკულტეტებზე კითხულობდა ლექციების სპეცკურსს ენზიმოლოგიის საგანში. 1975–2004 წლებში იყო საქართველოს ზოოტექნიკურ-სავეტერინარო სასწავლო-კვლევითი ინსტიტუტის (აკადემიის) არაორგანული ქიმიის, ბიოორგანული ქიმიისა და ბიოქიმიის კათედრის გამგე.

1968 და 1984 წწ. დაიცვა საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები მოსკოვში, ა. ნ. ბახის სახელობის ბიოქიმიის ინსტიტუტში.

2002 წელს დაჯილდოვდა ღირსების ორდენით.

2005–2012 წლებში მუშაობდა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ქიმიის დეპარტამენტის სრული პროფესორის თანამდებობაზე. 2014 წლიდან დღემდე მუშაობს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ხელმძღვანელად. არის სტუ-ის აკადემიური საბჭოს წევრი, აგრარულ მეცნიერებებში საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარე, აგრარულ ტექნოლოგიებში საგანმანათლებლო სადოქტორო პროგრამის ხელმძღვანელი.

გურამ ტყემალაძეს სამეცნიერო-კვლევითი და პედაგოგიური მუშაობის პერიოდში გამოქვეყნებული აქვს 150 სამეცნიერო შრომა, 9 სახელმძღვანელო და 3 მონოგრაფიული ხასიათის ენციკლოპედიური და განმარტებითი ლექსიკონი. გურამ ტყემალაძე არის მრავალი სახელმძღვანელოს რედაქტორი. მონაწილეობდა მთელი რიგი საერთაშორისო კონფერენციებისა და სიმპოზიუმების ორგანიზებაში. არაერთხელ იყო ოფიციალური დელეგაციების წევრი. სამეცნიერო მოხსენებებით გამოდიოდა მსოფლიო ყრილობებსა და კონგრესებზე: რუსეთი, უკრაინა, ლატვია, ესტონეთი, ყაზახეთი, უზბეკეთი, გერმანია, იუგოსლავია, კანადა, ესპანეთი, შოტლანდია, საბერძნეთი, ბელგია, პოლანდია. 2013 წელს ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის ამერიკული საზოგადოების (ASBMB) საორგანიზაციო კომიტეტის მიერ მიწვეული იყო ბოსტონის (აშშ) ექსპერიმენტული ბიოლოგიისადმი მიძღვნილ ყოველწლიურ შეხვედრაზე, როგორც ამ საზოგადოების წევრი.

2014 წელს აირჩიეს საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილ წევრად (აკადემიკოსად). 2017 წელს სსმმ აკადემიის პრეზიდენტის ბრძანებით მიენიჭა ბიოქიმიის დარგში ექსპერტის წოდება. 2019 წელს აირჩიეს საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილ წევრად (აკადემიკოსად).

ბატონი გურამი არის პოეტური კრებულების, ლიტერატურული ხასიათის პუბლიკაციების ავტორი, გამოქვეყნებული აქვს რელიგიურ და ტერმინოლოგიურ საკითხებთან დაკავშირებული მეტად საყურადღებო შრომები.

ვულოცავთ ბატონ გურამს საიუბილეო თარიღს და ვუსურვებთ დიდხანს სიცოცხლეს და ნაყოფიერ სამეცნიერო და შემოქმედებით მოღვაწეობას.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენის“ რედაქცია