

**ISSN 0130-7061**

**Index 76127**

**მაცნეორება და ტექნოლოგიები**  
სამაცნეო რევიურირებელი ჟურნალი

**SCIENCE AND TECHNOLOGIES**  
**SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE**

**Nº1(738)**



SCAN ME

**თბილისი – TBILISI  
2022**

№1(738), 2022 წ.

დამუშავებლები:

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საქართველოს საინჟინრო აკადემია  
საქართველოს სოფლის მეურნეობის  
მეცნიერებათა აკადემია  
მეცნიერების ისტორიის საქართველოს  
საზოგადოება

CONSTITUENTS:

Georgian National Academy of Sciences  
Georgian Technical University  
Georgian Engineering Academy  
Georgian Academy of Agricultural Sciences  
Georgian Society for the History of Science

სარედაქციო კოლეგია:

თანათავმჯდომარები:

გ. კვესიტაძე (საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია), დ. გურგენიძე (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი), ა. ფრანგიშვილი (საქართველოს საინჟინრო აკადემია), გ. ალექსიძე (საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია).  
დ. გორგიძე (სწავლული მდივანი).

გ. აბდუშელიშვილი, ა. აბშილავა, შ. ალბრეხტი (გერმანია), რ. არველაძე, ნ. ბადათურია, გ. ბიბილიშვილი, ა. ბიელიკი (უკრაინა), გ. ბურგოვი (რუსეთი), გ. ბურჯანაძე, გ. გაგარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, თ. გელაშვილი, ალ. გრიგოლიშვილი, ბ. გუსევი (რუსეთი), ლ. ღზიენსი (პოლონეთი), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), ქ. ზუნგალი (ავსტრია), დ. თავხელიძე, ა. თოფხიშვილი, ზ. კაკულია, დ. კაპანაძე, კ. კვარაცხელია, ლ. კლომიაშვილი, გ. კობახიძე, კ. კოპალიანი, მ. კოსიორ-კაზბერუქი (პოლონეთი), მ. კუხაძეშვილი, თ. ლომინაძე, ზ. ლომსაძე, ლევანზოლი, კ. მატვეევი (რუსეთი), ნ. მასილაძე, კ. მემარიაშვილი, მ. მემარიაშვილი, ნ. მითაგვარია, შ. ნაჭეულია, თ. უვანია, გ. სალუქვაძე, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშავი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, თ. ცინცაძე, თ. წერეთელი, ზ. წერაიძე, თ. წიგნაძე, ა. ხვედელიძე, რ. ხუროძე, გ. ჯერენაშვილი.

EDITORIAL BOARD:

Co-chairmans:

G. Kvesitadze (Georgian National Academy of Sciences), D. Gurgenidze (Georgian Technical University), A. Prangishvili (Georgian Engineering Academy), G. Aleksidze (Georgian Academy of Agricultural Sciences).  
D. Gorgidze (Scientific Secretary).

G. Abdushelishvili, A. Abshilava, H. Albrecht (Germany), R. Arveladze, N. Bagaturia, G. Bibileishvili, P. Bielik (Slovakia), V. Burkov (Russia), M. Burjanadze, L. Dzieni (Poland), G. Gavardashvili, Z. Gasitashvili, O. Gelashvili, A. Grigolishvili, B. Gusev (Russia), G. Jerenashvili, Z. Kakulia, D. Kapanadze, A. Khvedelidze, N. Kavlashvili, V. Kvaratskhelia, L. Klimiashvili, G. Kobakhidze, K. Kopaliani, M. Kosior-Kazberuk (Poland), M. Kukhaleishvili, R. Khurodze, T. Lominadze, Z. Lomsadze, N. Makhvitaladze, Archbishop L. Mateshvili, V. Matveev (Russia), E. Medzmarishvili, M. Medzmarishvili, N. Mitagvaria, S. Nachkebia, A. Pashaev (Azerbaijan), G. Salukvadze, T. Sulaberidze, D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, T. Tsereteli, T. Tsingradze, Z. Tsveraidze, P. Unger (Austria), M. Zgurovski (Ukraine), T. Zhvania, H. Zunkel (Austria).



საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2022  
Publishing House “Technical University”, 2022  
<http://www.publishhouse.gtu.ge>



# შინაარსი

## გეოგრაფია

ლ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. პლიმატის მიმღირაში ცვლილებით ბამოვვეული მდინარეების ასასა და არღუნის მყინვარული აუზების დეგრადაციის დინამიკის შესწავლა თდწ-ის საფუძველზე .....	7
---	---

## გეოეკოლოგია

ც. ბასილაშვილი. ტყის საზარი – სიცოცხლის გარანტია დედამიწაზე.....	16
--	----

## გეობრაზია

რ. ხაზარაძე, კ. ხარაძე, ე. სალუქვაძე. სამიორ ტურიზმის განვითარების პოტენციალი და აერსკეპტიკები საჩართველოში.....	23
---	----

## ენერგეტიკა

გ. ჯოჯუა. საქართველოს სახელმწიფო ელექტრონისტების მუშაობის ეფექტიანობის ბანგსაზღვრები ვაკტორების საშუალოვანიანი პროგნოზირება .....	29
--	----

## მეტალურგია

ს. მებონია, ჯ. მელქაძე, ფ. მშვილდაძე, ნ. კენჭიაშვილი. მიღების გრძივი ბლინვის დანერგიის კონსტრუქციები სქემების ანალიზი და სრულყოფა .....	38
--	----

## პგნის ტექნოლოგია

ვ. ღლილვაშვილი. საქართველოში თხისა და ცხვრის ყველის დამზადების ზოგიერთი თავისებურება და მცენარეული დანამატების გამოყენება.....	46
გ. კაიშაური, ნ. ხოსროშვილი. არატრადიციული საკვები დანამატი .....	55

## სამშენებლო მექანიკა

ვ. ბერუაშვილი. მართვულხა წიგრების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების ბანგბარიშვება რატიოზაციის მთლიანობით.....	61
ი. გიორგობიანი. თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციების ბანგბარიშვება სიმტკიცებები სასრულ ელემენტთა მთლიანობის გამოყენებით .....	72

## რკინიბზის ტრანსპორტი

გ. ჩალაძე, მ. პაპასკირი, გ. ჩალაძე, პ. ელიზბარაშვილი. სარელსო წრედი. როლებენტიან სალიანდაბო რელეებზე ვაზათა ძროს პუთხის გაზომვა-რებულირება .....	80
---	----

<b>ბ. დიდებაშვილი, ტ. კოტრიკაძე, ლ. ლომსაძე, მ. ჩალაძე, მ. გრიგორაშვილი. სამბზავრო-ტექნიკური სადგურების სქემების სრულყოფა თანამედროვე გელების კონსტრუქციის ბანგითარებით.....</b>	<b>85</b>
<b>მსუბუქი მრეწველობა</b>	
<b>თ. მაღლაკელიძე, პ. შმიდტი, ს. როტელი. უნებ-ვორმების კონსტრუქციული თავისებურებები და მათი დაკროხების ტექნიკური მოთხოვნები.....</b>	<b>90</b>
<b>ავტორთა საზორადლებოდ</b> .....	<b>107</b>

# CONTENTS

## GEOPHYSICS

- L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia.** RESEARCH OF THE RIVERS ASSA AND ARGUN GLACIAL BASINS DEGRADATION DYNAMICS ON THE BACKGROUND OF MODERN CLIMATE CHANGE BASED ON SATELLITE REMOTE SENSING.....7

## GEOECOLOGY

- Ts. Basilashvili.** FOREST COVER – A GUARANTEE OF LIFE ON EARTH.....16

## GEOGRAPHY

- R. Khazaradze, K. Kharadze, E. Salukvadze.** PROSPECTS OF MOUNTAIN TOURISM DEVELOPMENT IN GEORGIA .....23

## ENERGETICS

- G. Jojua.** MEDIUM-TERM FORECASTING OF THE FACTORS THE EFFECIENCY OF THE GEORGIAN STATE ELECTRICITY SYSTEM .....29

## METALLURGY

- S. Mebonia, J. Melkadze, P. Mshvildadze, N. Kenchiashvili.** ANALYSIS OF CONSTRUCTION SCHEMES OF LONGITUDINAL ROLLING MILLS AND THEIR IMPROVEMENT .....38

## FOOD TECNOLOGY

- V. Ghlighvashvili.** SOME PECULIARITIES OF MAKING GOAT AND SHEEP CHEESES IN GEORGIA AND THE USE OF HERBAL SUPLEMENTS .....46  
**G. Kaishauri, N. Khosroshvili.** NON-TRADITITIONAL FOOD SUPLEMENT .....55

## STRUCTURAL MECHANICS

- V. Beruashvili.** CALCULATION OF SPATIAL CONSTRUCTIONS WITH RECTANGULAR RIDGECC BY OPTIMIZATION METHODS .....61  
**I. Giorgobiani.** STRENGTH ANALYSIS OF THIN-WALLED SHELLED STRUCTURES BY FINITE ELEMENT METHOD .....72

## RAILWAY TRANSPORT

- M. Chaladze, M. Papaskiri, G. Chaladze, P. Elizbarashvili.** RAIL CHAINS. MEASUREMENT - ADJUSMENT OF THE PHASESHIFT ON TWO-ELEMENT SECTOR RELAYS .....80

<b>B. Didebashvili, T. Kotrikadze, L. Lomsadze, M. Chaladze, M. Grigorashvili.</b> IMPROVEMENT OF PASSENGER STATION SCHEMES WITH THE DEVELOPMENT OF MODERN STRUCTURES OF MOUTHS .....	85
<b>LIGHT INDUSNRY</b>	
<b>T. Maglakelidze, P. Shmidt, S. Rotteli.</b> STRUCTURAL PROPERTIES OF MOLDS AND TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THEIR DESIGN .....	90
<b>TO THE AUTHORS ATTENTION</b> .....	107

პლიმატის მიმღინარე ცვლილებით გამოწვეული მდინარეების ასახა და არღუნის მყინვარული აუზების დებრადაციის დინამიკის შესწავლა იღზ-ის საჟუმგელზე\*

**ლარისა შენგელია, გიორგი კორძახია, გენადი თვაური, მურმან ძაბაშია**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი;  
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ე. ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი; საქართველოს  
გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, გარემოს ეროვნული სააგენტო)

**რეზიუმე:** შესწავლით ადმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების ასახა და არღუნის მყინვარული აუზების კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული დეგრადაციის დინამიკა. კვლევისათვის გამოყენებული იყო საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგის, თანამგზავრ Landsat 8-ის 2014 წლის 28 აგვისტოსა და 2020 წლის 13 სექტემბრის თანამგზავრული ინფორმაცია. საწყის მონაცემებად აღებულ იქნა კატალოგში არსებული მყინვარების მახასიათებლები. აღნიშნული მყინვარული აუზების მყინვარების დინამიკის წარმოსადგენად შეირჩა სამი დროითი მომენტი, ანუ ორი დროითი პერიოდი. პირველი პერიოდი მოიცავს დაახლოებით 50 წელს, ხოლო მეორე – 6 წელს.

მიღებული შედეგების ანალიზით დადგინდა, რომ შესწავლითი აუზების ყველა მყინვარი განხილულ დროით პერიოდებში დნება; ამასთან, მყინვარების დეგრადაცია მეორე პერიოდში უფრო ინტენსიურია, ვიდრე პირველში. ე. ი. მყინვარების დნობას არაწრფივი ხასიათი აქვს.

**საკვანძო სიტყვები:** თანამგზავრული დისტანციური ზონდირება; კლიმატის ცვლილება; საქართველოს მყინვარები.

### შესავალი

კლიმატის მიმდინარე ცვლილებების მყინვარებზე ზემოქმედების დასახასიათებლად ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა საქართველოს მყინვარული აუზების დეგრადაციის დინამიკის განხილვა, რაც შესაძლებელია წარსულში ხელმისაწვდომი ინფორმაციის ამჟამად არსებულ ინფორმაციასთან შედარებით.

გასული საუკუნის 60–70-იან წლებში ყოფილ სსრ კავშირში დიდი მოცულობის გლაციოლოგიური სამუშაოები შესრულდა და შეიქმნა საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატა-

\* პროექტი (FR-21-1996) ხორციელდება შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ცონდის მხარდჭერით.

ლოგი (შემდეგში კატალოგი). შეჯამდა საქართველოს მყინვარებზე ჩატარებული საუკუნოვანი (1860–1970 წწ.) კვლევის შედეგები [1–5], რომლებიც შესულია კატალოგის სხვადასხვა გამოცემაში [6–9]. ამ კატალოგის მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ეს შედეგები შემდგომ განთავსდა მყინვარების მსოფლიო კატალოგში [10].

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევები ეფუძნება როგორც თანამგზავრულ, ისე ისტორიულ მონაცემებს და საექსპერტო ცოდნას. კვლევების შედეგად განისაზღვრა საქართველოს მყინვარების მდგომარეობა და მახასიათებლები 2006–2015 წლებისათვის [11–14].

ადრეულ კვლევებს დაემატა 2020 წლის Landsat-ის თანამგზავრული მონაცემების ახალი მასალები.

## ძირითადი ნაწილი

აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარები კატალოგში ცალკე არ არის გამოყოფილი. ისინი ყოფილი სხვ კავშირის კავშირის მყინვარულ სისტემაშია მოქცეული და კატალოგის სამ სხვადასხვა გამოშვებაშია შესული [7–9]. მათი ამოკრება ჩატარდა მყინვარული აუზების მიხედვით.

აღმოსავლეთ საქართველოში სულ 6 მყინვარული აუზია (ცხრილი 1). პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა შესწავლილია და შედეგები წარმოდგნილია [15]-ში. ასევე შესწავლილია ლიახვისა და არაგვის აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა. კატალოგის მიხედვით ორგის აუზში 68 მყინვარია [16]. ამ აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკის შესწავლის შედეგები განხილულ იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე „სტიქიური უბედურებები 21-ე საუკუნეში: მონიტორინგი, პრევენცია, შერბილება“, რომელიც ჩატარდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში 2021 წლის 20–22 დეკემბერს [17].

წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია მდინარეების ასასა და არღუნის აუზების მყინვარების დეგრადაციის დინამიკის შესწავლის შედეგები.

### ცხრილი 1

#### აღმოსავლეთ საქართველოს მყინვარების განაწილება მყინვარული აუზების მიხედვით (კატალოგის, თდზ 1-ისა და თდზ 2-ის მონაცემები)

№	მყინვარული აუზი	მყინვარის №	მყინვარების რაოდენობა			მყინვარების ფართობი		
			კატალოგი	თდზ 1	თდზ 2	კატალოგი	თდზ 1	თდზ 2
1	ლიახვი	1-22 [7]	22	4	3	6.6	1.6	1.2
2	არაგვი	23-27 [7]	5	1	1	1.6	0.3	0.3
3	თერგი	44-111 [8]	68	36	27	67.5	40.4	36.3
4	ასა	1-3 [9]	3	3	2	1.4	1	0.5
5	არღუნი	10-15 [9]	6	5	0	1.1	0.5	0
6	პირიქითი ალაზანი	6-33 [7]	28	20	6	8.8	3.7	0.9
<b>სულ</b>			<b>132</b>	<b>69</b>	<b>39</b>	<b>87</b>	<b>47.5</b>	<b>39.2</b>

მყინვარების შესახებ მონაცემები მიღებულია Landsat 8 თანამგზავრის OLI სენსორის 2014 წლის 28 აგვისტოს თანამგზავრული სურათების საფუძველზე. პირობითად, ამ სურათების საფუძველზე განსაზღვრულ შედეგებს ეწოდა თდზ 1.

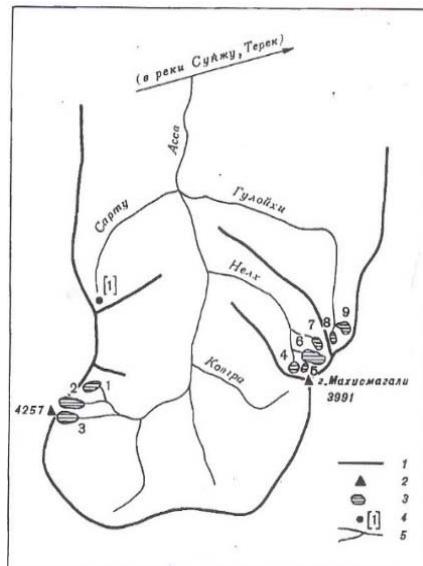
ეს შედეგები შედარდა როგორც კატალოგის, ასევე 2020 წლის შესაბამის მონაცემებთან. ამისათვის გამოყენებულ იქნა Landsat 8 თანამგზავრის 2020 წლის 13 სექტემბერის თანამგზავრული სურათები. პირობითად, ამ სურათების მიხედვით განსაზღვრულ შედეგებს ეწოდა თდზ 2.

ზომების მიხედვით მყინვარები სამ ჯგუფადაა დაყოფილი [18]: მცირე (ფართობი – 0,1-დან 0,5 კმ<sup>2</sup>-მდე), საშუალო (ფართობი – 0,5-დან 2,0 კმ<sup>2</sup>-მდე) და დიდი ზომის (ფართობი – 2 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი) მყინვარებად.

[18]-ში მოცემული საქართველოს მყინვარების სამ ჯგუფად დაყოფის ქვედა საზღვარი ავტორების მიერ არის დამატებული, რადგან კატალოგში აღრიცხული ყველა მყინვარის ფართობი 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტია, ხოლო 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თოვლაშია\*.

უნდა აღინიშნოს, რომ კატალოგში არაა აღრიცხული ყველა მცირე მყინვარი. ზოგჯერ მყინვარების ფართობების მონაცემებიც არასწორია და დაზუსტებას მოითხოვს. ეს მონაცემები წევნ მიერ იქნა შესწორებული გასული საუკუნის 60-იანი წლების ტოპოგრაფიული რუკების გამოყენებით [19].

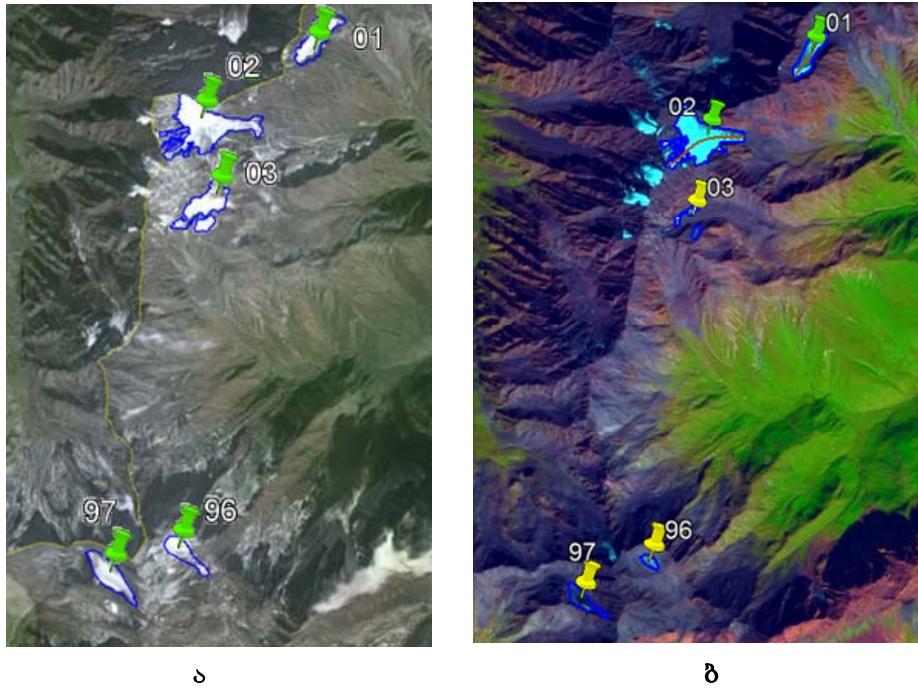
**მიღებული შედეგები და მათი ანალიზი.** განვიხილოთ მდ. ასას აუზის მყინვარები. იდენტიფიცირებისათვის გამოვიყენეთ მყინვარების კატალოგში მოყვანილი მდ. ასას (საქართველოში მდ. არხოტისწყლის) აუზის მყინვარების (№1-3) განლაგების სქემა (ნახ. 1) [9].



ნახ. 1. მდ ასას (საქართველოში – არხოტისწყლი) აუზის №1–3 საიდენტიფიკაციო მყინვარების განლაგების სქემა: 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 4 – 0,1 კმ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე

\* თოვლნარი – ქარისა და მზის სხივებისაგან მოფარგებულ აღვილებში შემორჩენილი თოვლის, ფირნისა და ყინულის გროვა. თოვლნარი სეზონურია, თუ ირგვლივ დაღებულ თოვლზე უფრო მეტხანს ინახება, ხოლო მუდმივია, თუ მთელი წლის განმავლობაში არ დნება. თოვლნარი შეიძლება იქმოს მყინვარის დეგრადაციით მიღებული ხარჩები.

მე-2 ნახ-ზე მოცემულია მდ. ასას მყინვარული აუზის №1-3 მყინვარი და მდ. ჯუთას ხეობაში მდებარე №96 და №97 მყინვარები, რომლებიც თერგის აუზს მიეკუთვნება და ამ სტატიაში არ არის განხილული.



ნახ. 2. მდინარეების ასას, ანუ არხოტისწყლის (№1-3) და ჯუთას (№96, 97) ხეობებში მდებარე მყინვარები და მათი კონტურები განსაზღვრული Landsat-ის თანამგზავრული სურათების მიხედვით:  
ა – თდზ 1; ბ – თდზ 2

მე-2 ცხრილი შედგენილია კატალოგის, თდზ 1-ისა და თდზ 2-ის მიხედვით, სადაც წარმოდგენილია მდ. ასას მყინვარული აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები და ფართობების მნიშვნელობები.

მდ. ასას მყინვარულ აუზში კატალოგის მიხედვით სულ 3 მყინვარია. მათ შორის 2 საშუალო და 1 მცირე ზომის მყინვარია. 50 წლის განმავლობაში 1 საშუალო ზომის მყინვარი მცირე მყინვარად დეგრადირდა, ხოლო მისი ფართობი 1.4 კმ<sup>2</sup>-დან 1.0 კმ<sup>2</sup>-მდე, ანუ 28.6 %-ით შემცირდა.

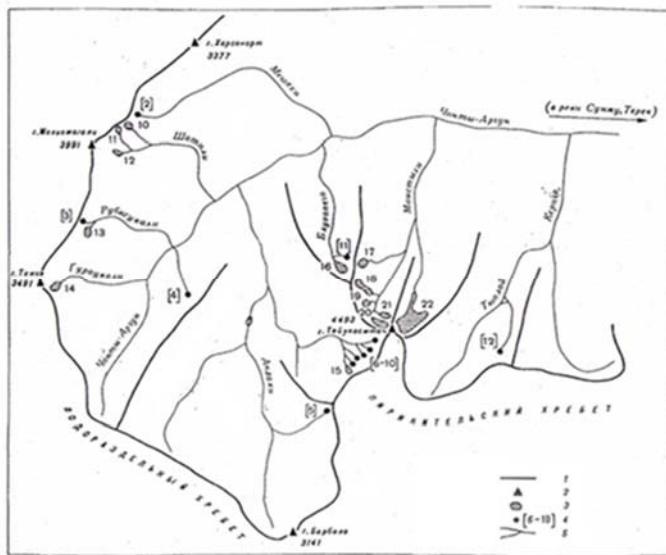
## ცხრილი 2

**მდ. ასას მყინვარული აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები (ფართობების მნიშვნელობები დადგენილია კატალოგის, თდზ 1-ისა და თდზ 2-ის მიხედვით)**

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინვარების №	ID WGI-ის მიხედვით	ფართობი (კმ <sup>2</sup> )		
				კატალოგის მიხედვით	თდზ 1-ის მიხედვით	თდზ 2-ის მიხედვით
1	1	170	SU4G08012001	0.3	0.2	0.1
2	2	169	SU4G08012002	0.6	0.5	0.4
3	3	168	SU4G08012003	0.5	0.3	0.043
						0.015

2020 წლის თანამგზავრული სურათის მიხედვით სულ დარჩენილია 2 მცირე მყინვარი, რომელთა ჯამური ფართობია  $0.5 \text{ km}^2$ , ანუ ფართობი წინა მაჩვენებელთან შედარებით შემცირდა  $50\%-ით$ . ეს იმას ნიშნავს, რომ მყინვარების დეგრადაცია მეორე პერიოდში უფრო ინტენსიურია, ვიდრე პირველში.

ახლა განვიხილოთ მდ. არღუნის მყინვარული აუზის მყინვარები. მათი იდენტიფიცირებისათვის გამოყენებულ იქნა მყინვარების კატალოგში მოცემული მდ. არღუნის მყინვარული აუზის მყინვარების (№10-15) განლაგების სქემა (ნახ. 3) [9].



ნახ. 3. მყინვარების განლაგების სქემა მდ. არღუნის მყინვარულ აუზში; საიდენტიფიკაციო მყინვარები №10 – 15. 1 – ქედი, 2 – მწვერვალი, 3 –  $0,1 \text{ km}^2$ -ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი და მისი ნომერი, 4 –  $0,1 \text{ km}^2$ -ზე ნაკლები ფართობის მქონე მყინვარი თავისი ნომრით, 5 – მდინარე

მე-4 ნახ-ზე წარმოდგენილია Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით განსაზღვრდი მდ. არღუნის მყინვარულ აუზში მდებარე №10 და №15 მყინვარები და მათი კონტურები.



ნახ. 4. მდ. არღუნის მყინვარულ აუზში მდებარე მყინვარები (№10 და №15) და მათი კონტურები განსაზღვრული Landsat-ის თანამგზავრული სურათის მიხედვით: α – ოდზ 1; δ – ოდზ 2

კატალოგის, თდზ 1-ისა და თდზ 2-ის მიხედვით შედგენილია მე-3 ცხრილი, სადაც წარმოდგენილია მდ. არღუნის აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები და ფართობების მნიშვნელობები.

### ცხრილი 3

**მდ. არღუნის მყინვარული აუზის მყინვარების საიდენტიფიკაციო კოდები  
და ფართობების მნიშვნელობები კატალოგის, თდზ 1-ისა და თდზ 2-ის მიხედვით**

№	№ კატალოგის სქემის მიხედვით	კატალოგის მიხედვით მყინ- ვარების №	ID WGI-ის მიხედვით	ფართობი ( $\text{კმ}^2$ )		
				კატალოგის მიხედვით	თდზ 1-ის მიხედვით	თდზ 2-ის მიხედვით
1	10	151	SU4G08012010	0.2	0.1	0.007
2	11	150	SU4G08012011	0.2	0.1	0.03
					0.01	0.01
					0.01	0.01
					0.02	0.00
3	12	149	SU4G08012012	0.1	0.02	0.00
4	13	144ა	SU4G08012013	0.2	0.1	0.037
5	14	142	SU4G08012014	0.2	0.1	0.038
6	15	140	SU4G08012015	0.2	0.1	0.015

კატალოგის მიხედვით მდ. არღუნის აუზში სულ 6 მყინვარია. ყველა მათგანი მცირეა. პირველი პერიოდის, ე. ი. 50 წლის, გასვლის შემდეგ შემცირებული ფართობით, მაგრამ მაინც დარჩა 5 მცირე მყინვარი, რომელთა ფართობი 1.1  $\text{კმ}^2$ -დან შემცირდა 0.5  $\text{კმ}^2$ -მდე, ანუ 54.6 %-ით.

2020 წლის თანამგზავრული სურათის მიხედვით 2 მყინვარი საერთოდ გაქრა, ხოლო დანარჩენი თოვლნარად დეგრადირდა. პირველ პერიოდში მყინვარების ფართობი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, შემცირდა 54.6 %-ით, ხოლო მეორე პერიოდში მყინვარები 100 %-ით დადნა, რაც იმას ნიშნავს, რომ მყინვარების დეგრადაცია მეორე პერიოდში ბევრად უფრო ინტენსიურია, ვიდრე პირველში.

### დასკვნა

ამრიგად, აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების ასასა და არღუნის მყინვარული აუზების მყინვარების დეგრადაციის დინამიკის შესწავლის მიზნით განხორციელდა მყინვარების რაოდენობისა და ფართობების შესახებ კატალოგის მონაცემების შედარება თანამგზავრულ მონაცემებთან დაახლოებით 50 წლის შემდგომ (პირველი პერიოდი) და 2020 წლის თანამგზავრულ მონაცემებთან (მეორე პერიოდი).

მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ განხილულ დროით პერიოდებში აღნიშნულ მდინარეთა მყინვარული აუზის მყინვარები დნება; ამასთან, მყინვარების დეგრადაცია ბევრად უფრო ინტენსიურია მეორე პერიოდში, ვიდრე პირველში, ე. ი. მყინვარების დნობას არაწრფივი ხასიათი აქვს. ეს დასკვნა ადასტურებს IPCC მე-6 მოხსენების მთავარ თეზისს, რომ ძირითადი პრობლემა კლიმატის ცვლილება კი არ არის, არამედ მისი სიჩქარეა [20].

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Хатисян Г. С. Краткий очерк действий двух комиссий для исследования Казбекских ледников в 1862 и 1863 гг. Зап. КОРГО, кн. 6, № 2, 1864, с. 220-230.
2. Статковский Б. И. Краткая записка о действиях в 1865 г. экспедиции для исследования причин происхождения периодического Казбекского завала. Зап. КОРГО, кн.7, вып.1, 1866, с.1-28.
3. Абих Г. В. Исследование настоящих и древних ледников Кавказа; Отдел 1) Описание ныне существующего Девдоракского ледника и следов действия прежних ледников в долине Терека; Отдел 2) О следах действия прежних ледников в долинах рек Ассы, Нари-дона и Шасни / Г. Абих; Пер. Ф. фон-Кошкул. Тифлис, 1870. - 42 с.
4. Маруашвили Л. И. Целесообразность пересмотра существующих представлений о палеогеографических условиях ледникового времени на Кавказе. Тб.: АН ГССР, 1956. - 124 с.
5. Цомая В. Ш., Дробышев О. А. Результаты гляциологических наблюдений на ледниках Кавказа//Труды ЗакНИГМИ, вып. 45 (51), 1970, с. 141-146.
6. Маруашвили Л. И., Курдгелаидзе Г. М., Лашхи Т. А., Инашвили Ш. В. Каталог Ледников СССР, т. 9, вып. 1, ч. 2-6, Закавказье и Дагестан, Л: Гидрометеоиздат, 1975. - 86 с.
7. Цомая В.Ш. Каталог Ледников СССР, т. 9, вып. 3, ч. 1, Закавказье и Дагестан, Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 95 с.
8. Цомая В. Ш., Дробышев О. А. Каталог Ледников СССР, т. 8, ч. 11, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 71 с.
9. Панов В. Д., Боровик Э. С. Каталог Ледников СССР, т. 8, ч. 12, Северный Кавказ, Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 51 с.
10. WGMS and NSIDC World glacier inventory. Compiled and made available by the World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, and the National Snow and Ice Data Center, Boulder CO, USA. Digital media. 1989, updated 2012.
11. დ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. აღმოსავლეთ საქართველოს მცირე მყინვარების კვლევა თანამგზავრული დისტანციური ზონდირების და GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, თბ.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, №2 (719), 2015, გვ. 9-18. ISSN 0130-7061, Index 76127.
12. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Satellite Earth Observations Processing to Determine Main Characteristics of Small Glaciers of East Georgia. The 4th International Geography Symposium Book of Proceedings2016, Turkey, Kemer-Antalya, 23-26 May, 2016, pp. 505-514. ISBN 978-605-66576-1-04.
13. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Impact of Modern Climate Change on Glaciers in East Georgia// Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 10, №4, Georgia, Tb., 2016, pp. 56-63. ISSN – 0132 – 1447
14. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. Research of Glaciers Variation Dynamics in East Georgia Under the Impact of Modern Climate Change. Proceedings of the Fourth Plenary Conference and Field Trips of UNESCO-IUGS-IGCP 610 project „From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary“ (2013-2017), 2-9 October, 2016. Georgia, Tb.: Georgian National Academy of Sciences, 2016, pp. 96-100. ISSN 978-9941-0-9178-0
15. დ. შენგელია, გ. კორძახია, გ. თვაური, მ. ძაძამია. პირიქითი ალაზნის აუზის მყინვარების დეგრადაციის დინამიკა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე. „პიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული ტ. 131, თბ., 2021, გვ. 24-31. ISSN 1512-0902.

16. ლ. შენგელია, გ. კორდახია, გ. თვაური, მ. ძაბამია. კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მოქმედება მდ. თერგის აუზის მყინვარების დეგრადაციაზე//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №2(734), თბ.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020, გვ. 9-24. ISSN 0130-7061 Index 76127.
17. G. Kordzakhia, L. Shengelia, G. Tvauri, M. Dzadzamia. River Terek Glacial Basin Degradation Dynamics on the Background of Current Climate Change. International Scientific Conference „Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation“, December 20-22, Proceedings, Tb.: TSU, 2021, pp. 202-205. ISBN 978-9941-491-52-8.
18. რ. გობეჯიშვილი, ვ. კოტლიაკოვი. გლაციოლოგია (მყინვარები). თბ.: უნივერსალი, 2006. - 292 გვ.
19. ლ. შენგელია, გ. კორდახია, გ. თვაური, მ. ძაბამია. საბჭოთა კავშირის მყინვარების კატალოგში მოცემული საქართველოს მყინვარების ფართობის მონაცემების კორექტირება //მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1 (733), თბ.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2020, გვ. 9-15. ISSN 0130-7061 Index 76127.
20. IPCC. A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Edited by Melinda Tignor, Elvira Poloczanska, Katja Mintenbeck, Andrés Alegre, Maike Nicolai, Andrew Okem, Jan Petzold, Bardhyl Rama, Nora M. Weyer. Working Group II Technical Report. IPCC, Geneva, Switzerland. 2018. - 755 p.

**RESEARCH OF THE RIVERS ASSA AND ARGUN GLACIAL BASINS  
DEGRADATION DYNAMICS ON THE BACKGROUND OF MODERN  
CLIMATE CHANGE BASED ON SATELLITE REMOTE SENSING**

**L. Shengelia, G. Kordzakhia, G. Tvauri, M. Dzadzamia**

(Hydrometeorological Institute of Georgian Technical University, E. Andronikashvili Institute of Physics of I. Javakhishvili Tbilisi State University, National Environmental Agency, Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia)

**Resume.** The degradation dynamics of the glacial basins of the rivers Assa and Argun in Eastern Georgia due to climate change has been researched. For the study were used data from the catalogue of glaciers of the Soviet Union, the LANDSAT 8 satellite dated August 28, 2014 and September 13, 2020. The initial data are the characteristics of glaciers in the catalogue of the USSR. To represent the dynamics of glaciers in the glacial basins of the Assa and Argun rivers, three points in time are used, i.e. two periods of time. The first period covers about 50 years, and the second – 6 years.

As a result of the study, it is concluded that all the glaciers of the studied basins melted in the considered periods, while the degradation of glaciers in the second period occurs much more intensive than in the first, i.e. the melting of glaciers is non-linear.

**Keywords:** climate change; glaciers of Georgia; satellite remote sensing.

## ტყის საჟარი – სიცოცხლის გარანტია დედამიწაზე

### ცისანა ბასილაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** დედამიწაზე მიმდინარე ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად ატმოსფეროში გაიზარდა ნახშირორჟანგის რაოდენობა, ხოლო ბიოსფეროში უანგბადის დაგროვებას განაგებს მცენარეული საფარი, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმებისათვის უანგბადის, საკვებისა და ენერგიის წყაროს წარმოადგენს. დღეისათვის ტყის ფართობი დედამიწაზე საკმაოდ შემცირებულია. ამის გამო დღის წესრიგში დადგა არსებული ტყეების დაცვა და მათი გაფართოება.

**საკვანძო სიტყვები:** ატმოსფერო; ბიოსფერო; მწვანე მცენარე; უანგბადი; საკვებისა და ენერგიის წყარო.

### შესავალი

დედამიწაზე სიცოცხლე მთლიანად გარემომცველ პირობებზეა დამოკიდებული. დედამიწა მზის სისტემის უახლოესი პლანეტაა და მისი კლიმატის ცვლილება დაკავშირებულია მზის აქტიურობაზე. მსოფლიო საზოგადოებისათვის ერთ-ერთი მთავარი საკითხია ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე კლიმატის გლობალური დათბობა და მისი ზემოქმედება გარემოზე.

გაეროს ექსპერტთა ცნობით, პაერის ტემპერატურა კვლავ გაიზრდება და ამ დროს მოსალოდნელია როგორც სტიქიური მოვლენების განახლება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დიდი ნგრევი და მსხვერპლი, ისე წყლისა და საკვები პროდუქტების რესურსების დიდი დაფიციტი. ამიტომ დღეისათვის ბუნების დაცვა და მისი რესურსების რაციონალური გამოყენება არის ბიოსფეროს არსებობის აუცილებელი პირობა. ამისათვის საჭიროა პლანეტაზე მიმდინარე პროცესების მრავალმხრივი შესწავლა, პრევენციული და საადაპტაციო ლონისძიებების შემუშავება და გატარება.

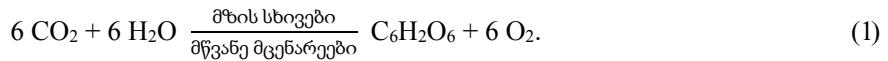
### ძირითადი ნაწილი

დედამიწაზე არსებული გართულებული ეკოლოგიური ვითარება აიხსნება ძირითადად მზის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესების გააქტიურებით და ოზონის შრის დარღვევით. მთავარ მიზეზად კი მიჩნეულია დედამიწაზე ინტენსიური ანთროპოგენური დატვირთვა, რადგან ინდუსტრიის განვითარებით ყოველწლიურად ატმოსფეროში 20 მლრდ ტ-ით მატულობს ნახშირორჟანგი, რომელიც თავისუფლად ატარებს მზის სხივებს დედამიწაზე, მაგრამ აკავებს მისი ზედაპირიდან არეკლილ თბურ გამოსხივებას და ამის გამო თბება ატმოსფეროს ქვედა

ფენები. გარდა ამისა, ნახშირორჟანგი არის მავნე და მომწამვლელი ნივთიერება ცველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის.

ერთადერთი რამ, რასაც შეუძლია ნახშირორჟანგის შთანთქმა არის მწვანე მცენარე. ამიტომ დედამიწაზე სტაბილიზაციის, ჟანგბადის ბალანსის, კლიმატის რეგულირებისა და ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების მიზნით უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ტყის საფარს.

ცნობილია, რომ დედამიწა შეიქმნა 4 მლრდ წლის წინათ და მის ატმოსფეროში არ იყო ჟანგბადი. ის მაშინ მდიდარი იყო ნახშირორჟანგით, მეთანითა და აზოტის ნაეროვებით. დაახლოებით 2 მლრდ წლის წინათ დედამიწაზე პიდროსფეროს არაღრმა უბნების ფსკერზე ჩაისახა პირველი ლურჯ-მწვანე მცენარეები, რომელთა ქლოროფილის საშუალებით განხორციელდა მზის სხივური ენერგიის გარდაქმნა, როდესაც ქიმიური რეაქციის შედეგად მოხდა ნახშირორჟანგის შთანთქმა და თავისუფალი ჟანგბადის გამოიყოფა [1]. ჟანგბადი კი არის მთავარი წყარო ცველა ცოცხალი ორგანიზმის არსებობისათვის. ეს რთული პროცესი, რომელიც ფოტოსინთეზად იწოდება, დადგენილ იქნა 1771 წელს და სქემატურად შემდეგი სახით გამოისახება [2, 3]:



დროთა განმავლობაში ფიტოპლანქტონისა და მის მიერ შესრულებული ფოტოსინთეზის პროცესის განვითარების შედეგად ატმოსფეროში შემცირდა ნახშირორჟანგის და გაიზარდა ჟანგბადის რაოდენობა. ატმოსფეროს გარკვეულ ზონაში (20 – 25 კმ სიმაღლეზე) წარმოქმნა ჟანგბადის ნაირსახეობა – ატმოსფერული ოზონის შრე, რომელმაც შეაჩერა მზის ულტრაინისფერი სხივების უარყოფითი ზემოქმედება დედამიწაზე და ხელი შეუწყო თრგანული სამყაროს განვითარებას ჯერ პიდროსფეროს ზედა ფენებში, შემდეგ კი – ხმელეთზე. მრავალი მილიონი წლის შემდეგ დედამიწაზე განვითარდა მცენარეთა მრავალი სახეობა და მათი ნაყოფები იყო პირველი პროდუქტები, რომლებიც გამოიყენებოდა ცოცხალი ორგანიზმების საკვებად [4].

ასე რომ, დედამიწაზე წარმოქმნა ორგანიზმთა სასიცოცხლო პროცესი და გაჩნდა ფლორისა და ფაუნის მრავალი სახეობა; მათ შორის ადამიანიც. თუმცა არსებობს ადამიანის კოსმოსური წარმოშობის ვერსიაც. ადამიანის წარმოშობამდე ბიოსფეროს არსებობის პერიოდს ბიოგენეზს უწოდებენ, ხოლო ადამიანთა საზოგადოების ჩამოყალიბების ეტაპს – ნოოგენეზს.

ამჟამად დედამიწაზე მცენარეთა და ცხოველთა 2 მლნ სახეობაა. მათ შორის 1,5 მლნ ცხოველებია, რომელთა დიდი უმრავლესობა ტყებში ცხოვრობს, მცენარეული საფარი კი წარმოადგენს ჟანგბადის, საკვებისა და ენერგიის წყაროს და, მაშასადამე, ადამიანების, ცხოველებისა და ფრინველთა სამყაროს სიცოცხლის საწყისს. აქედან გამომდინარე, მათი არსებობა დიდად არის დამოკიდებული ტყის საფრის მდგომარეობაზე.

ტყის საფარი მონაწილეობს ისეთი ბუნებრივი რესურსების წარმოქმნაში, როგორიცაა ნიადაგი, წყალი, ცხოველები, ენერგეტიკა, რეკრეაცია და კურორტები. ტყე იძლევა როგორც საკვებს, ასევე სამკურნალო პროდუქტებს. დედამიწაზე არსებული ხმელეთისა და ოკეანეთი მცენარეულობა ფოტოსინთეზის პროცესით არეგულირებს ატმოსფეროში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის რაოდენობას.

გამოანგარიშებულია, რომ ყოველწლიურად მცენარეულობა ითვისებს  $5 \times 10^{10}$  ტ ნახშირბადს, შთანთქავს  $1,8 \times 10^{11}$  ტ ნახშირორჟანგს, შლის  $1,3 \times 10^{11}$  ტ წყალს, წარმოქმნის 83 მლრდ ტ ორგანულ პროდუქციას (53 მლრდ ტ-ს ხმელეთზე, 30 მლრდ ტ-ს ოკეანეებში) და გამოყოფს  $1,2 \times 10^{11}$  ტ მოლეკულურ ჟანგბადს. მათ შორის ხმელეთის მცენარეულობით მიღებული (50 – 60 %) ჟანგბადი უფრო მაღალი ხარისხისაა, ვიდრე ოკეანეთი ფიტოპლანქტონით მიღებული (40 – 50 %) ჟანგბადი. ჟანგბადის გარდა, მცენარეულობის მიერ ფოტოსინთეზის

პროცესის დროს გამოიყოფა აგრეთვე 175 მლნ ტ არომატული ფიტონციდები (მქროლავი ნივთიერებები) [5].

ფოტოსინთეზის ყველა ამ პროცესის შესრულებისათვის მცენარეულობა ხარჯავს  $4 \times 10^{17}$  კპალ მზის ენერგიას, რითაც ხდება 0,3 % მზის ენერგიის აკუმულირება და ამით ზედმეტი გადახურებისაგან დედამიწის დაცვა.

ამრიგად, მცენარეთა ფოტოსინთეზის შედეგად ატმოსფეროში ნახშირორჟანგი შემცირდა 0,03 %-მდე, ხოლო ჟანგბადი გაიზარდა 21 %-მდე.

პიერ არქსის [6] ცნობით 1 ჰა შერეული ტყე წლის განმავლობაში ფოტოსინთეზისათვის მოიხმარს 10 მლრდ კპალ მზის სხივების ენერგიას, შთანთქავს 15 ტ ნახშირორჟანგს და გამოყოფს 13 ტ ჟანგბადს.

1 სთ-ის განმავლობაში 1 ჰა ტყე შთანთქავს იმდენ ნახშირორჟანგს, რამდენსაც 200 ადამიანი გამოყოფს 1 სთ-ში. 1 ადამიანი 1 სთ-ში გამოყოფს 22,6 ლ ნახშირორჟანგს. 1 დღე-დამის განმავლობაში ადამიანს ესაჭიროება 500-600 ლ ჟანგბადი. ჟანგბადის მოხმარების ამ ნორმის უზრუნველსაყოფად კი 1 სულ მოსახლეზე ტყის 0,3 ჰა ფართობი მაინც უნდა მოდიოდეს [4].

ტყეს აქვს უდიდესი სანიტარიულ-პიგიენური და გამაჯანსაღებელი მნიშვნელობა. იგი აქტიურად გარდაქმნის ზოგიერთ ატმოსფერულ დამაბინძურებელს. მაგალითად, მტვერი ილექტა ხეთა გარჯეში და შემდეგ ნალექებთან ერთად გადადის ნიადაგში. წლის განმავლობაში 1 ჰა ტყის საშუალებით ილექტა 50–70 ტ მტვერი. ამ მხრივ გამოიჩინა წიფელა, ჟუხა, ფიჭვი და ნაძვი.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წიწვიანი ტყე, სადაც ამ მცენარეების მიერ გამოყოფილი ფიტონციდები ანადგურებს მრავალი დავადების გამომწვევ მიკრობებსა და ვირუსებს. ამიტომ წიწვიან ტყეში ჰაერი თითქმის სტერილურია.

მწვანე მცენარეულობა წმენდს გარემოს არამატო ქიმიურად, არამედ ფიზიკურადაც. გზის სანაპიროებზე ტყის ზოლები საგრძნობლად (5-ჯერ) ამცირებს ავტოტრანსპორტის ხმაურს. ტყე ამცირებს აგრეთვე ჰაკადის (ქარის) სიჩქარეს 23–27 %-ით. ტყის საფარი ზრდის ტენიანობას და ყველგან არეგულირებს მიკროკლიმატს. კერძოდ, რეგულირდება ჰაკრის ტემპერატურა ზამთარში 65–95 %-ის, ხოლო ზაფხულში – 9–25 %-ის ფარგლებში [7].

გარდა ამისა, ტყის სურნელი, ფოთოლთა შრიალი და სილამაზე იწვევს დადებით ჟმოციებს და კარგ განწყობილებას უქმნის ადამიანს. ტყის ლანდშაფტი მეტად სახისეთოდ მოქმედებს მის ნერვულ სისტემაზე, ამაღლებს ტონუსს და ხელს უწყობს ნივთიერებათა ცვლას, ასტიმულირებს გულ-სისხლძარღვთა მოქმედებას. ტყეში გასეირნება და იქ დასვენება ხელს უწყობს სტრესების მოხსნას და ადამიანთა გამოჯანმრთელებას. ამიტომაა, რომ კურორტების უმრავლესობა განლაგებულია ტყეთა სიახლოვეს.

ტყეს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე სოფლის მეურნეობისათვის, რადგან ტყე იცავს ნიადაგს გამოშრობისაგან და ეროზიული პროცესებისაგან. ტყის ქარსაცავი ზოლების გაშენებით რამდენჯერმე იზრდება მოსავლიანობა. მაგალითად, 1 ჰა ქარსაცავი ტყის ზოლი ქარისა და გამოშრობისაგან იცავს 40–50 ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულს და შედეგად მოსავლიანობა იზრდება 20–25 %-ით [8]. ამასთან, ტყეში საუკეთესო პირობებია მესაქონლეობისა და მეფუტერეობის განვითარებისათვის.

ცნობილია ისიც, რომ ტყე არეგულირებს მდინარეთა წყლის რეჟიმს, ამცირებს ზედაპირული წყლის ნაკადის სიჩქარეს, ზრდის წყლის ნიადაგში ჩაჟონვის პერიოდს და მათ გამოსავლებს წყაროების სახით მომატებული დებიტით. ტყე ასუფთავებს და ფილტრავს გრუნტის წყლებს [9].

განუზომელია ტყის მნიშვნელობა მთიან რეგიონებში, სადაც ტყის მრავალმხრივ სასარგებლო დანიშნულებას ემატება სხვა ფუნქციებიც. ტყე აქ არეგულირებს მდინარეთა როგორც წყლის, ასევე მის მყარ ჩამონადენს. ტყე მოვებში იცავს დასახლებულ პუნქტებს,

გზებს, მინდვრებსა და ნიადაგს ისეთი სტიქიური მოვლენებისაგან, როგორიცაა წყალდიდობა-წყალმოვარდნები, ღვარცოფები, მეწყერები, ზვავები, ეროზია და სხვ. განსაკუთრებით მაღალი სიხშირის ტყები ბუნებრივი მექანიზმია, რომელსაც ატმოსფერული ნალექები გადაჰყავს ნიადაგის სიღრმეში და ამით არეგულირებს თხევად ზედაპირულ ჩამონადენს და თავიდან გვაცილებს ნიადაგის ეროზიასა და წყალდიდობებს, აგრეთვე იცავს მდინარეს დაშრობისაგან.

ამ დიდ სარგებლიანობასთან ერთად ტყების ის სიკეთევც აქტების, რომ იგი არის უმნიშვნელოვანები სამეურნეო რესურსიც, რადგან აქტიურად გამოიყენება საშენ მასალად და საობობადაც. ხოს მერქნისაგან მზადდება 15 ათასამდე დასახელების ნაკეთობა: ავეჯი, პარკეტი, ქაღალდი და სხვ. საჭირო ნივთები. ამიტომ მსოფლიოში მოსახლეობის მატებასა და ტექნიკურ პროგრესს თან ახლავს ტყის რესურსებზე მოთხოვნილების გაზრდა. სწორედ ამიტომ საჭიროა ტყის გონივრული გამოყენება, რათა არ მოხდეს მისი უმოწყალოდ გაჩეხა.

სადღეისოდ გაჩეხილია ადრე არსებული ტყის მასივების 2/3. ამის გამო შემცირდა და ზოგან მთლიანად განადგურდა ტყები. ამას ემატება ისიც, რომ თანამედროვე ტექნოგენიზაციის დიდმა მასშტაბებმა ბუნებაში გამოიწვია მავნე ქიმიური ნივთიერებების დაგროვება, რამაც ხელი შეუწყო ხეთა დაავადებების გავრცელებას. ამის ნათელი მაგალითია საქართველოს ქალაქებში ფიჭვების მასობრივი ხმობა.

მსგავსმა სიტუაციებმა საფრთხე შეუქმნა დედამიწაზე ტყეების არსებობას. ზომიერ სარტყელში მათი ფართობი 70 %-ით შემცირდა, ხოლო 9 115 000 კმ<sup>2</sup> უდაბნოდ იქცა. 50 ათასი წლის წინათ განადგურდა არსებულის ნახევარი, 12 ათასი წლის წინათ კი 60 % ძუძუმწოვრებისა. ბოლო 140 წლის განმავლობაში 21 %-ით შემცირდა ბიომასა, 20 %-ით – ტყისა და 30 %-ით – ოკეანის პროდუქტიულობა. ტყის ფართობის შემცირების სიჩქარე შეადგენს 0,5 ჰა/წმ-ს, გაუდაბნოების სიჩქარე – 20 ჰა/წმ-ს, ნახშირორჟანგის მატების სიჩქარე კი – 20 მლრდ ტ-ს წელიწადში.

რამდენიმე ასეული წლის წინათ ტყის ფართობი დედამიწაზე 7 მლრდ ჰა იყო. FAO-ს მონაცემებით 2015 წელს ტყეებს ეპავა ხმელეთის 31 %, ანუ 4 ათასი მლნ ჰა. 2010–2015 წლებში ტყეთა ყოველწლიური შემცირება შეადგენდა 3 მლნ ჰა-ს (ცხრილი 1).

## ცხრილი 1

### მსოფლიოს ტყის მასივები და მათი დინამიკა

რეგიონი	საერთო ფართობი, მლნ ჰა	ადგილობრივი ჯიშის, მლნ ჰა	ტყიანობა (%) საერთო ფართობიდან	ტყის ფართობი, მლნ ჰა		
				ტყიანობის ცვლილება 2010–2015 წლებში	ტყის ნარგავები	
					2015 წ.	
მსოფლიო	3999	1277	31	- 17	- 3	290
აფრიკა	624	135	23	- 14,2	- 2,8	16
აზია	593	117	19	- 3,1	0,8	129
ევროპა	1015	277	34	1,9	0,4	82
ჩრდილო ამერიკა	751	320	33	0,4	0,1	43
სამხრეთ ამერიკა	842	400	49	- 10,1	3	15
ოკეანია	1711	27	23	1,5	0	4

დედამიწაზე ყველაზე დიდი ტყის მასივი მდ. ამაზონის ხეობაშია, რომელიც გამოიმუშავებს მსოფლიო უანგბადის 20 %-ს, ამიტომ მას „დედამიწის ფილტვებს“ უწოდებენ. 1980–1990 წლებში ამ ტერიტორიაზე განადგურდა 62 მლნ ჰა ტყე, შემდეგი 15 წლის განმაკლობაში კიდევ 60 მლნ ჰა, 2010–2015 წლებში კი – 10 მლნ ჰა. აფრიკაში 1990–2005 წლებში ტყეები შემცირდა 64 მლნ ჰა-ით და ეს პროცესი გრძელდება (ყოველწლიურად ტყის მასივი კლებულობს 3,4 მლნ ჰა-ით). 700 ათასი ჰა-მდე ტყე ნადგურდება ყოველწლიურად ავსტრალიაში ძირითადად ხანძრების ხარჯზე.

XX საუკუნის დასაწყისში დედამიწის 1 სულ მოსახლეზე მოდიოდა 2 ჰა ტყე, დღეისათვის კი მხოლოდ 0,6 ჰა-ია. ეს მაჩვენებელი ევროპაში შეადგენს 0,3 ჰა-ს, აზიაში – 0,2 ჰა-ს, იაპონიაში – 0,2 ჰა-ს, ჩრდილო ამერიკაში – 1,7 ჰა-ს, ლათინურ ამერიკაში კი – 2,2 ჰა-ს.

ტყეთა გაზიარებას ხელს უწყობს აგრეთვე ბუნებრივი კატასტროფები (მეწყერები, ზავები და სხვ) და ხანძრები, რომლებიც არამარტო მატერიალურ ზარალს იწვევს, არამედ მსხვერპლსაც. მაგალითად, 2018 წლის ნოემბერში კალიფორნიაში ხანძრის დროს დაიწვა 100 ჰა ტყე, 80 ათასი სახლი, დაიღუპა 70 და დაიკარგა 1400 ადამიანი. ხანძრების დროს იღუპება ტყეში მობინადრე ცოცხალი არსებებიც (მრავალი ცხოველი და ქვეწარმავალი).

ტყის ხანძრები ჩნდება აგრეთვე ტერიტორიების ათვისების მიზნითაც. მაგალითად, მარტი 2019 წელს ხანძარმა გაანადგურა 12 მლნ ჰა ამაზონის ტყე, ავსტრალიაში – 10 მლნ ჰა, სადაც დაიღუპა 27 ადამიანი და მილიონამდე ცხოველი. ხანძრების დროს გამოყოფილი მავნე ნივთიერება (კარბონი) კი მეტად უარყოფითად მოქმედებს წყლისა და ჰაერის ხარისხზე. გარდა ამისა, განსაკუთრებით განვითარებულ ქაფებში მიწების ათვისების მიზნით ხშირად ხდება ტყეების გაწმენდა და მათი დახვნა. FAO-ს მონაცემებით 2015 წლისათვის დახნულია 1532 მლნ ჰა, ე.ი. თოთქის 12 % მთელი ხმელეთის ფართობისა.

ამრიგად, ტყეთა შემცირების გამო მათ მწვანე საფარს ადარ აქვს უნარი აითვისოს და დაარეგულიროს მზის სხივების თბური ენერგია. ამიტომ ატმოსფეროში იზრდება ნახშირორჟანგის რაოდენობა და კლიმატის დათბობა. ამის შესაბამისად აქტიურდება ეკოლოგიური კატასტროფები, რასაც მოჰყვება არამარტო ნგრევა, არამედ ადამიანთა და სხვა ცოცხალ არსებათა მსხვერპლიც.

აღსანიშნავია, რომ XXI საუკუნეში ტყის განადგურებასთან ერთად მიმდინარეობს ტყის ფართობის გაზრდა ხელოვნური ტყის გაშენებით. კერძოდ, ეკონომიკური ტყის ფართობი 700 ათასი ჰა-ით გაიზარდა. აზიაშიც 2000–2010 წლებში – 2,2 მლნ ჰა-ით, რაც ჩინეთში ტყის ინტენსიური გაშენებით აიხსნება.

საქართველოში წინათ მთის ფერდობები ხშირი ტყით იყო დაფარული და ის ინახავდა და კვებავდა ქართველ გლეხეაცს. ამიტომ აქ ადრე წარსულში უკვე შექმნილი იყო სატყეო მეურნეობა. ამას დასტურებს თამარ მეფის, ვახტანგ VI-ისა და სხვ. პერიოდის ისტორიული დოკუმენტები.

საქართველოს თანამედროვე კონსტიტუციაც ავალდებულებს მოქალაქეებს იზრუნონ ბუნებაზე, ტყეზე, მის დაცვასა და მოვლაზე.

2010 წლის მონაცემებით საქართველოში ტყეთა ფართობი 3 007 600 ჰა-ია. მათი უმეტესობა (66 %) განლაგებულია 1000–2000 მ-ის სიმაღლეებზე. აქ არსებული 900 სახეობის ფლორიდან 600 კავკასიის ენდემია, 300 კი – საქართველოს ენდემი. მაღალ მთებში, მნელად მისაღებობა ხეობებში, შემორჩენილია ხელუხლებელი განუმეორებელი სილამაზის ძველი კულტურული ლანდშაფტები გამჟინვარებამდელი ფლორისა და ფაუნის რელიქტებით [10].

აკრძალვის მიუხედავად საქართველოში გრძელდება ბრაკონიერთა მიერ ტყის საფრისა და ცხოველთა განადგურება. ბოლო 30 წლის განმავლობაში ტყე 30 %-ით შემცირდა. განადგურებულია 600 ათასი ჰა და გამეჩხერებულია 461 ათასი ჰა. მოხდა ტყის საზღვრის დაწევა 2500 მ-დან 2200 მ-დე. ამან ხელი შეუწყო ზოგიერთი წყაროს, მდინარისა და ტბის

დაშრობას და გაუდაბნოების პროცესის დაწყებას. ადსანიშნავია, რომ ოფიციალურად საქართველოში ტყის კოველწლიური ჭრის ნორმა 1 მლნ მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს.

ქ. თბილისის შემოგარენში 8600 ჰა ტყება. აქ 1 სულ მოსახლეზე 1980 წელს იყო 13 მ<sup>2</sup> ტყე, 2010 წელს იგი 5,6 მ<sup>2</sup>-მდე შემცირდა. საერთაშორისო სტანდარტით კი 1 სულ მოსახლეზე გათვალისწინებულია 10–15 მ<sup>2</sup> ტყის ფართობი.

## დასკვნა

ტყის საფარი, როგორც უანგბადის, საკვებისა და ენერგიის წყარო, წარმოადგენს ცხოველთა და ფრინველთა სამყაროსა და ადამიანთა სიცოცხლის საწყისს. გარდა ამისა, ტყეს აქვს მრავალმხრივი სასარგებლო და მნიშვნელოვანი დანიშნულება ბიოსფეროს არსებობისათვის. მაგრამ სადღეისოდ ტყის საფარი ისეა შემცირებული, რომ მას ადარ აქვს უნარი გამოიმუშაოს საკმაო რაოდენობის უანგბადი. თუ დედამიწაზე ტყე განადგურდა, სამწუხაროდ, ეს იქნება სიცოცხლის დასასრულის დასაწყისი.

ეს რომ ასე არ მოხდეს, საჭიროა ტყის რაციონალურად გამოყენება. მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში განსაკუთრებული კურადღება უნდა მიექცეს ტყის საფრის დაცვასა და განვითარებას. ტყის ნარგავების გავრცელება უნდა მოხდეს სასარგებლო და გვალვაგამდებ ჯიშების შერჩევით, რადგან XXI საუკუნეში მოსალოდნელია გვალვიანობა. ხეთა ჭრა კი უნდა განხორციელდეს შერჩევით, მათი წლიური ნამატის გათვალისწინებით.

ტყის გაშენება ხელს შეუწყობს ატმოსფეროში ნახშირორჟანგისა და, შესაბამისად, კლიმატის დათბობის შემცირებას. უანგბადის მომატება კი გამოიწვევს ხალხის გაჯანსაღებას, ფლორისა და ფაუნის გამრავლებას, მოსავლიანობის გაზრდასა და საკურორტო-რეკრეაციული ზონების გაფართოებას.

ტყე დაარეგულირებს მიწისქვეშა და ზედაპირულ წყლებს, გაუმჯობესდება მიწისქვეშა წყლების ხარისხი, გაიზრდება მათი გამოსავლები (წყაროები) და დებიტი. ტყის საფრის გაზრდას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ისეთი მთიანი რეგიონებისათვის, როგორიც საქართველოა, სადაც ხშირია წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, ღვარცოფი, მეწყერი, ზვავი, ეროზია და სხვა სტიქიური მოვლენები. რაც უფრო მეტი იქნება ტყე, მით უფრო ნაკლები იქნება ნებატიური პროცესები და მეტი – სარგებელი. საჭიროა მუდმივი ზრუნვა ეროვნული საუნჯის – ქართული ტყის გადარჩენა-შენარჩუნებისათვის.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. М.: Гидрометеоиздат, 1981.
2. გ. ქაჯაია. გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. თბ.: მეცნიერება, 2008.
3. Ts. Basilashvili. Forest cover for the safety of Biosphere and Environment. European Geographical Studies. Vol. 7, issue 1, 2020, pp. 57-67.
4. Дре Ф. Экология. М.: Атомиздат, 1976.
5. о. ელიაზა, გ. ნახუცრიშვილი, გ. ქაჯაია. ეკოლოგიის საფუძვლები. თბ.: თსუ, 1992.
6. Пьер Арец. Ключи экологии. Л., 1982.
7. Ts. Basilashvili. The importance of forest and the results of anthropogenic impact on the mountainous areas. Actual problems of Geography. Tb., 2019, pp. 123-125.
8. Арманд Д. Нам и внукам. М., 1964.
9. Ts. Basilashvili. Forest cover – main protect from of various disasters in mountainous areas. Natural Disasters in the 21<sup>st</sup> Century: Monitoring, Prevention, Mitigation. Tb., 2021, pp. 178-182.
10. საქართველოს გეოგრაფიული ატლასი. თბ., პალიტრა L, 2018.

**FOREST COVER – A GUARANTEE OF LIFE ON EARTH**

**Ts. Basilashvili**

(Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University)

**Resume.** Due to the anthropogenic load on Earth, the amount of carbon dioxide in the atmosphere has increased. The accumulation of oxygen in the biosphere is controlled by vegetation, which is a source of oxygen as well as of food and energy for living organisms. However, the forest cover on earth has significantly reduced. Therefore, protection of existing forests and their expansion has come into focus.

**Keywords:** atmosphere; biosphere; food and energy; green plant; source of oxygen.

**სამთო ტურიზმის ბანკითარების პოლიტიკის და პერსპექტივები  
საქართველოში**

**რეგაზ ხაზარაძე, ტკობა ხარაძე, ელენე სალუქვაძე**

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
განებრივი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი)

**რეზიუმე:** კომპლექსური კვლევითი სამუშაოების ჩატარების შედეგად გაირკვა, რომ სამთო ტურიზმის განვითარებისათვის საქართველოში ყველა პირობა არსებობს. მთავარი კავკასიონი გამოირჩევა თავისი სამხრეთული განშტოებებით, უნიკალური ბუნებრივ-გეოგრაფიული დანართულებით. მისი მწვერვალები და უღელტეხილები, სადაც ზამთარ-ზაფხულ უხვადაა თოვლისა და ყინულის საფარი, კარგ საფუძველს ქმნის სამთო ტურიზმის წარმატებისათვის. აღნიშნული დარგი ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის შეიძლება სპეციალიზაციის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება გახდეს. გადაუჭარბებლად შეიძლება ითქვას, რომ ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებიდან საქართველოს ყველაზე მეტი პერსპექტივა აქვს სამთო ტურიზმის აღორძინებისათვის.

ამ მიმართულებით გეოგრაფებმა ჯერ კიდევ ადრეულ პერიოდში დაიწყეს ეპიზოდური გამოკვლეული და მიღებული შედეგები დღეს უკვე იმის საფუძველს იძლევა, რომ იგი პრიორიტეტულ დარგიდ იქნეს მიჩნეული. რაც მთავარია, სამთო ტურიზმის განვითარება კარგ მომავლს უქადის მთიან რეგიონებს, სადაც რთული ბუნებრივი პირობების გამო მატერიალური წარმოების დარგები დიდ სიძლელებს განიცდის. სამთო ტურიზმი მთიანი მხარეების სამეურნეო ცხოვრების მდლავრ სტიმულატორად ითვლება. ევროპის ბევრ ქვეყანაში ტურიზმიდან მიღებული შემოსავალი აჭარბებს ეკონომიკის სხვა დარგებიდან მიღებულ შემოსავალს. საქართველოსათვის ჯერჯერობით მეტად მწირია სამთო ტურიზმიდან (ბაკურიანი, გუდაური) მიღებული შემოსავალი, რადგან მწყობრიდანაა გამოსული ან თითქმის დანგრეულია ტურისტული ბაზები და მოშლილია თავშესაფრები, რომლებიც ასე თუ ისე გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე ფუნქციონირებდა (სვანეთი, რაჭა, ხევი).

ახლო მომავალში სამთო ტურიზმი შეიძლება პრიორიტეტულ დარგად ჩამოყალიბდეს, ოღონდ საჭიროა მისი სწორი მართვა და განვითარება.

**საკვანძო სიტყვები:** მთავარი კავკასიონის ქედი; მთიანი რეგიონები; პერსპექტივები; პრიორიტეტული დარგი; სამთო ტურიზმი.

**შესავალი**

საქართველოს მთიანი რეგიონების უნიკალური ლანდშაფტის მრავალფეროვნება ქვეყნის თვითმყოფად და კულტურულ ფასეულობებთან ერთად ტურიზმისა და დასვენების ინ-

დუსტრიის განვითარების საფუძველია. ტურისტულ-რეკრეაციული ინფრასტრუქტურის შექმნა მნიშვნელოვნად დააჩქარებს ქვეყნის ეკონომიკის წინსვლას. ტურიზმი, მათ შორის სამთო ტურიზმი ხომ მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ერთ-ერთი ყველაზე მაღალ შემოსავლიანი დარგია; ამიტომაც შეიძლება იგი ჩაითვალოს საქართველოში ეკონომიკური აღორძინების სტრატეგიულ მიმართულებად.

ჩვენი ქვეყანა მდიდარია ბუნებისაგან ბოძებული ყველა სიკეთით. მისი ულამაზესი პეზუაჟები, მინერალური წყაროები, წყალუხვი მდინარეები, მცენარეთა და ცხოველთა ენდემური ჯიშების სიუხვე, თოვლ-ყინულიანი ბუმბერაზი მწვერვალები, ბუნებისა და ხუროთმოძღვრების უნიკალური ძეგლები, ეთნოგრაფიული თავისებურებები და სხვ. ტურისტებზე დიდ შთაბეჭდილებას ახდენს.

შეიძლება ითქვას, რომ სწორედ ამან განაპირობა წარსულში არა ერთი უცხოელი მოგზაურის (დუგლას ფრეშფილდი, გოტფრიდ მერცბახერი, ვიტორიო სელა, მორის ვონ დეში, ჯონ კოკინი და სხვ.) ლტოლვა საქართველოსადმი.

## ძირითადი ნაწილი

უცხოელ მოგზაურთაგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ცნობილი იტლიელი შეცნიერის, ფოტოხელოვანისა და მთამსვლელის ვიტორიო სელას საქართველოსადმი ასეთი ინტერესი. მან კავკასიაში და, კერძოდ, საქართველოში სამჯერ იმოგზაურა (1889, 1890 და 1896 წწ.). აქედან აღსანიშნავია, მოგზაურობა კავკასიონის როგორც სამხრეთი, ისე ჩრდილოეთი ფერდობის ხეობებში და მყინვარებზე; იგი გაეცნო კავკასიონის ქედის სამხრეთი ფერდობის მაღალმთიან რაიონებს (ხევი, რაჭა-ლეჩხეუმი, ქვემო- და ზემო სვანეთი), სადაც დიდი ინტერესით აკვირდებოდა ადგილობრივი მოსახლეობის წეს-ჩვეულებებს და შექმნა უნიკალური ფოტომასალა კავკასიონის მწვერვალების, მყინვარების, დასახლებული პუნქტებისა და ბუნების ძეგლების შესახებ. 1983 წელს იტალიაში გამოიცა ფოტოალბომი, რომელშიც სხვა მთიან სისტემებთან ერთად განთავსებულია 1889, 1890 და 1896 წლებში მოგზაურობის დროს გადაღებული კავკასიონის ფოტოსურათები [1].

მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტია ისიც, რომ გამოჩენილი საზოგადო მოღვაწე რევაზ თაბუკაშვილი იყო პირველი ქართველი, რომელმაც მიაკვლია იტალიაში (ქ. ბიელა) ვიტორიო სელას საქართველოში მოგზაურობის უნიკალურ მასალას – ფოტორეპროდუქციებისა და დღიურების სახით (ამასთან დაკავშირებით შექმნილია დოკუმენტური სატელვიზიო ფილმი).

ამ პერიოდს უკავშირდება მთიან რეგიონებში გამყოლების გამოჩენა. მაგალითად, რაჭა-ში იყო გიორგი ლობჟანიძე, სვანეთში – მურატ კიბლიანი, ხევში – მმები ბუზურთანოვები. ამ საქმიანობას ეწეოდნენ აგრეთვე გახა წიკლაური, იაგორა კაზალიკაშვილი, ახია ფიცხლაური, რომლებიც ძირითადად მონადირეები იყვნენ და მეგზურობას უწევდნენ ჩამოსულ უცხოელებებს.

შემდგომ პერიოდში იტალიელების დაინტერესება იმდენად გაიზარდა, რომ ერთი საუკუნის შემდეგ, 1990 წელს იგივე მარშრუტი გაიარა ქართველებისა და იტალიელების ერთბლივმა საექსპედიციო ჯგუფმა. სწორედ მაშინ გაჩნდა მოსაზრება, რომ საქართველოს ტურისტულ ქსელში ჩართულიყო მარშრუტი – „ვიტორიო სელას“ სახელწოდებით.

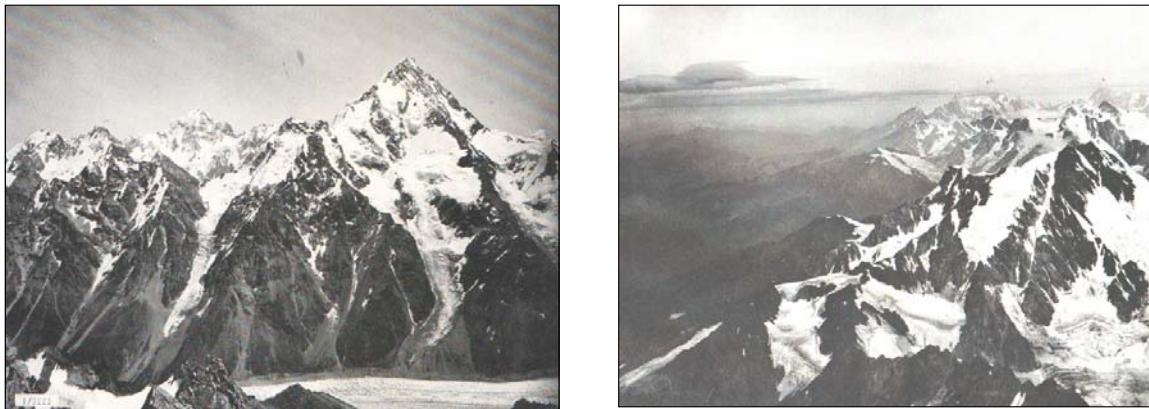
საქართველოში იტალიიდან ჩამოსული იყო ორი წარმომადგენელი – ლუიჯი ვილიოტი და კლაუდიო ვალენტი. ექსპდიციამ ერთი თვე მოანდომა ვიტორიო სელას ნაკალებზე გავლას და ნახა ყველა ის ობიექტი, რომლებიც ერთი საუკუნით ადრე დააფიქსირა ვიტორიო

სელამ. ეს ფოტოგადაღებები კი იმავე წერტილებიდან განხორციელდა, საიდანაც შეასრულა ვიზორიო სელამ.



ნახ. 1. უშგული XIX საუკუნის ბოლოს (ფოტოები ვიზორიო სელასი)

საპასუხო ვიზიტით ექსპედიციის იტალიაში ყოფნის დროს ლუდოვიკო სელასთან (ვიზორიო სელას მმისწული) შეხვედრისას გადაწყდა, რომ გაფორმებულიყო შეთანხმება მის ბანქსა და საქართველოს ტურიზმის სამინისტროს შორის ტურისტული მარშრუტის „ვიზორიო სელას ჩაკვალევზე“ დაფუძნების შესახებ, რისთვისაც დაიგეგმა მისი ჩამოსვლა საქართველოში. მას სურდა თავად გაევლო აღნიშნული მარშრუტი და ოფიციალური მოლაპარაკება ეწარმოებინა საქართველოს მთავრობასთან. წინასწარი შეთანხმების მიხედვით მარშრუტის მარკირებასა და მოწყობაში აქტიურ მონაწილეობას მიიღებდა ვიზორიო სელას ფონდი და ბანკი. რაც შეეხება მარშრუტის მეცნიერულ დახასიათებას, იგი უნდა მომზადებულიყო ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტის მიერ.



ნახ. 2. მთები გისტოლა და ბურჯულა (ფოტოები ვიზორიო სელასი)

უნდა აღინიშნოს, რომ ლუდოვიკო სელას ვიზიტს საქართველოში და ამ ჩანაფიქრის განხორციელებას ხელი შეუშალა ჩვენს ქვეყანაში არსებულმა ცნობილმა პოლიტიკურმა მოვლენებმა.

ჯერ კიდევ საბჭოთა პერიოდში ტურიზმისა და, კერძოდ, სამორ ტურიზმის განვითარებისათვის დაიწყო კავკასიონის ინტენსიური შესწავლა და ათვისება; მოეწყო საკავშირო და აღგილობრივი მარშრუტები, რომელთა მომსახურების მიზნით აშენდა დამის გასათევი ქონები და ტურისტული ბაზები. ამ მხრივ განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა ცენტრალური კავკასიონის (სვანეთი, რაჭა) უდელტეხილებს, სადაც ურთულესი და ულამაზესი მწვერვალები და ხეობებია თავმოყრილი.

კვასიონის მწვერვალებიდან აღსანიშნავია: შხარა, უშბა, თეთნულდი, ბრუტსაბძელი, მყინვარწვერი და სხვ.; უდელტეხილებიდან – ტვიბერის, ქლუხორის, ლებიევცეკის, გურძივცეკის, მამისონის, ჯვრის და სხვ.

უნდა ითქვას, რომ საზოგადოების ყველა ეტაპზე უდელტეხილები იყო ადამიანთა მოძრაობა-გადადგილების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და ქვეყნის თვალისწილების სტრატეგიული ობიექტი [2]; ამასთან, ეკონომიკური, სოციალური და პოლიტიკური თვალსაზრისით – მეზობელი ქვეყნების ერთმანეთთან დამაკავშირებელი საშუალება [3]. გარდა ამისა, უდელტეხილები ტურისტებისათვის წარმოადგენდა ბუნებისა და მატერიალური კულტურის ძეგლების არეალს, სადაც ისინი მრავლადაა განლაგებული. ამ მხრივ აღსანიშნავია სვანეთსა და რაჭაში არსებული ბუნების იშვიათი ძეგლები. ასეთია, მაგალითად, მყინვარის მიერ გადაადგილებული ერატიკული ლოდები სვანეთში: ლაპილაჭალა, ფერხულისქვა, იფარის ლოდი, დევის ქვა, დოლრას ლოდი, მესტიაჭალის ლოდი, ნენსკრას ლოდები, ხალდეს ლოდები და სხვ.; რაჭაში: გლოლას ლოდები, ნოწარულას ლოდები, ქვაბთათანას ლოდი, ქვაციხერას ლოდი და სხვ.; კლდეკარები – სვანეთში: მულხურის, ხაიშის, ჯვრის და სხვ., რაჭაში: უწერის, ხიდიკრის და სხვ. ასევე, ბეჩოსა და ხალდეს ტრავერტინები სვანეთში, გონას ტრავერტინები რაჭაში და სხვ. არანაკლებ საინტერესოა ტბები: ქვედის ტბა, ჭელიალების ტბა მოცურავე კუნძულით, ხარისხვალის ტბები და სხვ.

ტურისტებისათვის არანაკლებ საინტერესოა მატერიალური კულტურის ძეგლები: რაჭაში – მრავალძალის (XI ს.), ნიკორწმინდის (XI ს.), ზემო კრისის (X–XI სს.), პატარა ონის (XI ს.), ბარაკონის (XII ს.), ლაბეჭინის (XII ს.) ეკლესიები და სხვ. სვანეთში – იელის (VIII–IX სს.), ადიშის (X–XI სს.), იფარის (XI ს.), იფხის (X–XI სს.), სვიფის (X ს.), ნესგუნის (IX–X სს.), ჟაბეშის (X ს.), ხოფ. ხის მიდამოების (X–XI სს.), ჟახუნდარის (X ს.), ჩუკულის (IX–X სს.), ტვიბის (X–XI სს.), თევალის მიდამოების (X–XI სს.), ფაყის (IX–X სს.) ეკლესიები და სხვ.

ეს ადგილები, ცხადია, მეტად საინტერესოა ტურისტებისთვის. თანაც მათი სტუმრობა გამოაცოცხლებს ამ მხარეებს და დამატებითი შემოსავლის წყარო გაუჩნდება იქ მცხოვრებ აღგილობრივ მოსახლეობას.

ახლა დადგა დრო, როცა ამ ჩანაფიქრს ხორცი უნდა შეესხას და კავკასიონის რეგიონი გახდეს საერთაშორისო სამორ ტურიზმის საიმედო ობიექტი. ამ მხრივ კარგი გამოცდილება აქვს ევროპის ქვეყნებს, რომელთა სანიმუშო მაგალითს წარმოადგენს შვეიცარია, სადაც ყოველწლიურად რამდენიმე მილიონი ტურისტი ჩადის. ამ ქვეყნის წლიური წმინდა შემოსავალი რამდენიმე მილიარდ დოლარს აღემატება. ამ სფეროში კი დასაქმებულია მრავალი ათასი ადამიანი. აღსანიშნავია ისიც, რომ საგარეო ტურიზმთან ერთად ბევრ ქვეყანაში ფართო გავრცელება პოვა ადგილობრივმა ტურიზმა. ამ მხრივაც საქართველოს დიდი პერსპექტივა აქვს.

დღეს თანამედროვე ტურისტის მოთხოვნები იმდენად გაიზარდა, რომ მას აღარ აქმა-ფოილებს დასვენებისა და გართობის ცალმხრივი ელემენტები. ამიტომ საჭიროა კომპლექ-სური ხასიათის დასვენების ობიექტებისა და მარშრუტების შერჩევა. ცენტრალურ კავკასიონზე კი თითქმის ყველა პირობაა შექმნილი სამორ ტურიზმის (საცხენოსნო, სამონადირეო,

სამდინარო, სამეცნიერო, სპელეოტურიზმის და სხვა სახობების) აღორძინებისათვის. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ საორიენტაციო ტურისტული მარშრუტები გუდაურის სამთო-სათხილამურო კომპლექსიდან:

1. გუდაური-კულტურული ზეგანი, მდ, ქსნისა და ლიახვის ხეობები;
2. გუდაური-სტეფანწმინდა-მყინვარწვერი-დარიალისა და ხდის ხეობები;
3. გუდაური-ჯუთა-ჭაუხები-როშპა-შატილი-მუცო-აწუნტის უდელტებილი – თუშეთი.

ანალოგიური მარშრუტები შეიძლება შეირჩეს სხვა მაღალმთიანი რეგიონებისთვისაც [4].

ევროპაში ამჟამად ფართოდ არის გავრცელებული გაუკვალავ თოვლზე სრიალი და მოთხილამურები ეშვებიან მწვერვალებიდან დიდი დაქანების ქარაფებსა და კულტურული ამ მხრივ იდეალური შესაძლებლობებია აღმოსავლეთ კავკასიონის მწვერვალებზე (ხევსურეთი, თუშეთი).

ცხადია, ამ მოთხოვნების განხორციელებას სჭირდება ინგესტორები, რათა მარშრუტებზე შესაბამისად კეთილმოეწყოს ტურისტული ობიექტები, ინფრასტრუქტურა.

## დასკვნა

ამრიგად, სამთო ტურიზმის განვითარებისათვის საჭიროა:

- კავკასიონისა და მისი განშტოებების ტურისტული ობიექტების კადასტრის, მსხვილმას-შტაბიანი რუკებისა და სქემების შედგენა;
- თანამედროვე მოთხოვნათა საფუძველზე ფერადი ფოტოებითა და მარშრუტული სქემებით მდიდარი ტურისტული ობიექტების გზამკვლევების მომზადება და გამოცემა;
- ადგილობრივი და საერთაშორისო ტურისტული მარშრუტების მარკირება, ტურისტული მარშრუტის გაყოლებით დამის გასათვევი ქოხებისა და ტურისტული ბაზების მოწყობა.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პირობად გვესახება უცხოეთის ქვეყნებიდან ამ დარგში გამოცდილი ბიზნესმენებისა და სპეციალისტების მოწვევა, რომლებსაც ტერიტორიის ათვისების მიზნით დროებით (და არა მუდმივ სარგებლობაში) უნდა გადაეცეთ შერჩეული ობიექტები; ყოველივე ეს სამთო ტურიზმის ინდუსტრიის განვითარებასთან ერთად ხელს შეუწყობს მაღალმთიან რაიონებში მოსახლეობის ადგილებზე დასაქმებას და სტრატეგიული უსაფრთხოების საჭირობო საკითხების მოგვარებას.

საქართველოს აქვს პოტენციალი იმისა, რომ სამთო ტურიზმი იქცეს ქვეყნის განვითარების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Vittorio Sella. Fotografie e montagna Nell ottocento. Torino-Museo Nazionale della Montagna „Duca degli Abruzzi“ 12 dicembre 1982 – 6 febbraio 1983. Aosta - tour Fromage 20 febbraio – 10 aprile, 1983.
2. რ. ხაზარაძე, კ. ხარაძე. 1724 წლის ქართული ემიგრაციის მარშრუტის ასახვა ვახუშტი ბაგრატიონის ნაშრომებში – კრებული „ვახუშტი ბაგრატიონი – გეოგრაფი“. თბ., 1997, გვ. 228-240.
3. ლ. მარუაშვილი, კ. ხარაძე. 1724 წლის ქართული ემიგრაციის ნაკვალევზე//„მეცნიერება და ტექნიკა“, № 12, 1981.
4. რ. ხაზარაძე კ. ხარაძე. სამთო ტურიზმის აღორძინების პოტენციალი ცენტრალურ კაგასიონზე//„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №3, 2017, გვ. 56-64.

### PROSPECTS OF MOUNTAIN TOURISM DEVELOPMENT IN GEORGIA

**R. Khazaradze, † K. Kharadze, E. Salukvadze**

(I. Javakhishvili Tbilisi State University's Vakhushti Bagrationi Institute of Geography)

**Resume.** After having carried out complex research works we found out that there are all necessary conditions for the promotion of mountain tourism in Georgia. The Caucasus with its southern ramifications is distinguished by unique natural-geographical conditions for developing this field. The Caucasus' mountain peaks and ridges covered with snow and ice all over a year, make a firm basis to promote mountain tourism here. This sphere might become one of main specialization fields. Without exaggeration, it can be said that among the former Soviet republics Georgia has the most favourable conditions and considerable potential for mountain tourism development.

The above said enables us to convert the researches and work results of geographers in this field into an actual task. In this regard, episodic studies began even at earlier period and there is a quite strong basis for assuming that it will become a high priority part of the economics. The most important thing is that the studies in this sphere makes good prognosis and prospects of the development and rise of mountain tourism in mountainous regions, where due to strict natural conditions it is extremely hard to promote any traditional industry fields here, whereas this kind of tourism is considered to be a major stimulus for promoting industrial life in mountainous regions. Of course, the natural conditions of Georgia are highly favourable to it. In many European countries the income received from tourism exceeds the incomes from any other fields of the economics. In Georgia the revenue from this sphere is quite little yet (resorts of Bakuriani and Gudauri) due to the collapse of the tourist bases and shelters, which are, in most cases, either out of order or destroyed, though had been functioning before 90-s of the past century (resorts in Svaneti, Racha, Khevi).

In the near future, mountain tourism might be established as a priority field of the industry; we have all conditions for that. The only thing to do is having a right way of approach and promotion.

**Keywords:** mountainous regions; mountain tourism; priority field; prospects, the Caucasus.

**საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მუშაობის ეფექტიანობის  
განვითარების უზრუნველყოფის საშუალოების პროგნოზირება**

**გიგა ჯოჯუ**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** პროგნოზირების თანამედროვე მეთოდების სიდრმისეული შესწავლის საფუძველზე შერჩეულია მსხვილი ელექტროენერგეტიკული კომპანიის მუშაობის საშუალოვადიანი პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მუშაობის მრავალწლიანი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვნებლების სტატისტიკური ინფორმაციის ანალიზისა და მეცნიერული კვლევის შედეგების მიხედვით შერჩეულია საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მუშაობის უფერტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები, ჩატარებულია ამ ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზება, დადგენილია პრობემები და განსაზღვრულია მათი გადაწყვეტის გზები.

**საკვანძო სიტყვები:** ელექტროენერგია; ეფექტიანობა; პრობლემები; პროგნოზება; ფაქტორები.

**შესავალი**

ქვეყნის ელექტროენეგრიით უწყვეტ მომარაგებაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მოკლე-, საშუალო- და გრძელვადიან პერიოდებში ელექტროენერგეტიკული სისტემის ეფექტიანი მუშაობის უზრუნველყოფას. სწორედ ამიტომ მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში განსაკუთრებული უურადღება ეთმობა სტრატეგიული მნიშვნელობის ენერგეტიკული ობიექტების განვითარების პროგნოზირებას, რაც გულისხმობს პროგნოზული ანგარიშების საფუძველზე მისი განვითარების უმნიშვნელოვანეს მიმართულებებს. ამ მიმართულებებში წინა პლანზე წამოწეული საწარმოს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვნებლების ისეთი სახით დაგეგმვა, რომელშიც პროგნოზირების პერიოდში ტექნიკურ მაჩვნებლებთან ერთად შენარჩუნებულია მისი ეკონომიკური ეფექტიანობა. მსხვილი ელექტროენერგეტიკული კომპანიების მუშაობის პროგნოზირებისადმი მიძღვნილი მეცნიერული კვლევების [3] ანალიზიდან ირკვევა, რომ ამ ნაშრომებში კომპლექსურად არ არის შესწავლილი კომპანიების მუშაობის ეფექტიანობა, მეცნიერული კვლევის საფუძველზე არ არის დადგენილი ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები, პროგნოზირების თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით არ არის განხორციელებული მსხვილი ელექტროენერგეტიკული კომპანიების მუშაობის ფექტიანობის შეფასების საშუალოვადიანი პროგნოზირება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ ეტაპზე სახიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია მცირე- და საშუალოვადიან პერიოდში საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მუშაობის ეფექ-

ტიანად წარმართვა. ამ პრობლემის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე გადაჭრა შესაძლებელია, თუ კომპანიის სტრატეგიული განვითარება განხორციელდება მეცნიერულად დასაბუთებული პროგრამის მიხედვით. სიღრმისეულად უნდა იქნეს შესწავლილი და დადგენილი მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები, მაღალი სიზუსტით უნდა განხორციელდეს ამ ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება და მართვა. დასმული ამოცანის აქტუალურობიდან გამომდინარე, წინამდებარე ნაშრომში პროგნოზირების თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით შერჩეულია საქართვლოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები, ჩატარებულია ამ ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება, დადგენილია პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები.

## ძირითადი ნაწილი

საქართვლოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის (სსე-ის) მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების დადგენის მიზნით ჩატარდა სისტემის მუშაობის 12-წლიანი პერიოდის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების [1] ანალიზი და ჯგუფური ექსპერტული შეფასებით [2] დადგენილია სისტემის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები:

- ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობა;
- მოგება;
- ფონდურებება;
- შრომისნაყოფიერება;
- შრომისნაყოფიერების ზრდის ტემპის ფარდობა სახელფასო ხარჯების ზრდის ტემპთან;
- გადახდისუნარიანობა.

მსოფლიოში აპრობირებული მეთოდების ანალიზი [2, 3] ცხადეოფს, რომ დღეისათვის მსხვილ ელექტროენერგეტიკულ კომპანიებში გამოყენებულ მეთოდთა შედარებით მაღალი სიზუსტით პროგნოზირება შესაძლებელია ავტორეგულირებული, ექსტრაპოლაციური, მრავალფაქტორიანი მოდელებით და ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით.

სსე-ის მუშაობის შესახებ მოპოვებული მრავალწლიანი ინფორმაციის საფუძველზე დადგინდა, რომ მისი მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება ჩატარებულია ავტორეგულირებული, ექსტრაპოლაციური და მრავალფაქტორიანი მოდელებით.[2]

პროგნოზირების ავტორეგულირებულ განტოლებას ასეთი სახე აქვს :

$$Y_t = a_1 Y_{(t-1)} + a_2 Y_{(t-2)} \dots + a_n Y_{(t-n)} + b, \quad (1)$$

სადაც  $Y_t$  არის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების პროგნოზი სიდიდე;

$Y(t-1), Y(t-2), Y(t-n) -$  ფაქტორების წინა წლების მაჩვენებლები;

$a_1, a_2, a_n -$  რეგრესის კოეფიციენტები;

$b -$  თავისუფალი წევრი.

პროგნოზის მრავალფაქტორიანი მოდელი გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$Y_t = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} \dots + a_n X_n^{(i)} + b, \quad (2)$$

სადაც,  $X_1^{(i)}, X_2^{(i)}, X_n^{(i)}$  არის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების მნიშვნელობები;

$a_1, a_2, a_n -$  რეგრესის კოეფიციენტები;

b – საბაზისო წელს ფაქტორის სიდიდე.

ექსტრაპოლაციის არაწრფივი მოდელით პროგნოზული პარამეტრები გამოითვლება განტოლებით:

$$Y_t = a_1 X^2 + a_2 X + b , \quad (3)$$

სადაც  $a_1$ ,  $a_2$  რეგრესის კოეფიციენტებია;

$X$  – დროის ფაქტორი;

b – თავისუფალი წევრი.

სსე-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირების შესასრულებლად მოძიებულ იქნა მისი მუშაობის 2010–2021 წლების ტექნიკურ-კონიგური მაჩვენებლების შესახებ საწყისი სტატისტიკური მონაცემები (ცხრილი 1).

#### ცხრილი 1

სსე-ის მუშაობის ტექნიკურ-კონიგური მაჩვენებლების სტატისტიკური მონაცემები

2010–2021 წლებში

წლები	დასახელება								
	ელექტროგიას გადაცემა, მღწვეტი	შემოსავლები, ათასი ლარი	ხარჯები, ათასი ლარი	ძირითადი ფონდების საშუალო წლიური დირექტულება, ათასი ლარი	თანამშრომელთა რაოდენობა, ათასი კაცი	სახელფასო ხარჯები, ათასი ლარი	ვალდებულებები, ათასი ლარი	აქტივები, ათასი ლარი	
2010	7288	62097	58421	355927	1119	14552	361511	570493	
2011	9244	54952	59227	471750	1090	15155	555128	848210	
2012	9165	54154	63084	730389	1100	16542	741922	1024359	
2013	9132	61337	74483	892805	1169	18810	803464	1023270	
2014	9717	86210	93870	924463	1245	20994	818549	1078391	
2015	10089	104341	95525	976004	1315	23023	991476	1144497	
2016	10412	120159	107844	1091217	1356	24461	1168499	1272345	
2017	11438	133370	361675	1086266	1368	26051	1229761	1101540	
2018	13184	227050	171072	993025	1410	27565	1257047	1129965	
2019	13071	235010	145656	997502	1469	31089	1254204	1171922	
2020	12310	144874	120218	937273	1520	27979	1467671	1386628	
2021	14311	231388	242414	891007	1558	32269	1459996	1294389	

ვინაიდან სსე-ის მიერ განხორციელებული ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მისი სიდიდის საშუალოვადიანი პროგნოზირება შესრულებულია მრავალფაქტორიანი მოდელით. წინასწარი ანალიზის საფუძველზე დადგენილია ელექტროენერგიის გადაცემის სიდიდეზე მოქმედი შემდეგი ფაქტორები:

- ელექტროენერგიის ექსპორტი;
- შეშის მოხმარება;
- ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება;
- ელექტროენერგიის დანაკარგები;
- მშპ-ის რეალური ზრდა;
- მოსახლეობის რაოდენობა;
- ტურისტების რაოდენობა.

მე-2 ცხრილში წარმოდგენილია ელექტროენერგიის გადაცემის სიდიდეზე მოქმედი ფაქტორების სტატისტიკური მონაცემები 2010—2021 წლებში.

## ცხრილი 2

### ელექტროენერგიის გადაცემის სიღიდეზე მოქმედი ფაქტორების სტატისტიკური მონაცემები (2010—2021 წწ.)

წლები	დასახელება							
	ელენერგიის გადაცემა, მლნ.კვტ.სთ	ელენერგიის ექსპორტი, მლნ.კვტ.სთ	შეშის მოხმარება, ათასი მ:	ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება, მლნ.მ:	ელენერგიის დანაკარგები, მლნ.კვტ.სთ	მოსახლეობის რაოდენობა, ათასი კაცი	მშპ-ის ზრდა მლნ.ლარი	ტურისტების რაოდენობა, ათასი კაცი
2010	7288	1524.3	798.9	889	176.3	3799.3	21822	1067.33
2011	9244	930.6	595.4	1086	196.2	3773.6	25479	1318.96
2012	9165	528.2	447.5	1190	180.9	3739.3	27227	1789.59
2013	9132	450.4	626.2	1371	204.4	3718.4	28593	2065.29
2014	9717	545.1	594.5	1579	231.9	3716.9	31124	2229.09
2015	10089	659.9	445.02	1689	250	3721.9	33835	3011.66
2016	10412	559.0	437.9	1826	257.94	3728.6	35836	3297.27
2017	11438	685.7	425.2	1978	251.92	3726.4	40762	4069.35
2018	13184	588.6	412.6	2146	258.15	3729.6	44599	4756.82
2019	13071	243.4	400.7	2329	236.09	3723.5	49253	5080.48
2020	12310	153.8	389.4	2531	242.65	3716.9	49267	1087.09
2021	14311	355.6	326.0	2713	291.12	3728.6	48529	1577.51

ამ მონაცემებისა და ექსპერტულად შერჩეული ელექტროენერგიის გადაცემაზე მოქმედი ფაქტორების დაზუსტების მიზნით ჩატარდა კორელაციური ანალიზი [6], რომლის შედეგები შეტანილია მე-3 ცხრილში.

## ცხრილი 3

### ელექტროენერგიის გადაცემაზე მოქმედი ფაქტორების კორელაციური მატრიცა

დასახელება	ელენერგიის გადაცემა	ელენერგიის ექსპორტი	შეშის მოხმარება	ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება	ელენერგიის დანაკარგები	მოსახლეობის რაოდენობა	ტურისტების რაოდენობა
ელენერგიის გადაცემა	1						
ელენერგიის ექსპორტი	0.66	1					
შეშის მოხმარება	-0.85	0.61	1				
ელენერგიის დანაკარგები	0.92	-0.74	-0.71	1			
ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება	0.84	-0.46	-0.85	0.77	1		
მოსახლეობის რაოდენობა	-0.49	0.59	0.72	0.32	0.74	1	
მშპ-ის ზრდა	0.95	-0.63	-0.89	0.89	0.88	-0.66	1
ტურისტების რაოდენობა	0.56	-0.29	-0.56	0.42	0.55	0.42	0.58

მე-3 ცხრილის მონაცემების ანალიზით ირკვევა, რომ მე-2 ცხრილში მოცემული ყველა ფაქტორი ახდენს გავლენას სისტემის ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობაზე. აღნიშნულის გათვალისწინებით სსე-ის მიერ ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობის საშუალოვადიანი პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი მოდელით შესასრულებლად აუცილებელია ქვემოთ მოცემულ განტოლებათა სისტემის ამოხსნა:

$$\begin{cases} Y_1 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_2 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_3 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_4 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_5 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_6 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \\ Y_7 = a_1 X_1^{(i)} + a_2 X_2^{(i)} + a_3 X_3^{(i)} + a_4 X_4^{(i)} + a_5 X_5^{(i)} + a_6 X_6^{(i)} + a_7 X_7^{(i)} + b; \end{cases} \quad (4)$$

სადაც:  $Y^{(i)}$  არის ელექტროენერგიის გადაცემა მდნ.კვტ.სთ ( $i$ )-ურ წელს;

$X_1^{(i)}$  – ელექტროენერგიის ექსპორტი მდნ.კვტ.სთ ( $i$ )-ურ წელს;

$X_2^{(i)}$  – შეშის მოხმარება მ<sup>3</sup> ( $i$ )-ურ წელს;

$X_3^{(i)}$  – ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება მდნ.მ<sup>3</sup> ( $i$ )-ურ წელს;

$X_4^{(i)}$  – ელ.ენერგიის დანაკარგები მდნ.კვტ.სთ ( $i$ )-ურ წელს;

$X_5^{(i)}$  – მოსახლეობის რაოდენობა ათასი კაცი ( $i$ )-ურ წელს;

$X_6^{(i)}$  – ტურისტების რაოდენობა ათასი კაცი ( $i$ )-ურ წელს;

$X_7^{(i)}$  – მშპ-ის ზრდა მდნ.ლარი ( $i$ )-ურ წელს;

$a_1, a_2 \dots a_7$  – რეგრესის კოეფიციენტი;

$b$  – საბაზის წელს ფაქტორის სიდიდე.

მე-2 ცხრილის მონაცემების მიხედვით მარტიცული მეთოდის [5] გამოყენებით გამო- თვლილია რეგრესის კოეფიციენტების მნიშვნელობები, რომელთა გათვალისწინებით სსტ-ის მიერ ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობის პროგნოზირების განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Y_t = 0,17_{X_1^{(t)}} - 2,42_{X_2^{(t)}} + 0,39_{X_3^{(t)}} + 7,7_{X_4^{(t)}} + 2,41_{X_5^{(t)}} + 0,13_{X_6^{(t)}} + 0,03_{X_7^{(t)}} - 4697. \quad (5)$$

მე-2 ცხრილში მოცულული სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობაზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება შესრუ- ლებულია ავტორეგრესული და ექსტრაპოლაციის მეთოდებით (ფორმულა 3, 4). გაანგარი- შების შედეგად მიღებული პროგნოზირების მოდელები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

#### ცხრილი 4

ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობის პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები

დასახელება	პროგნოზირების მოდელები
ელ.ენერგიის ექსპორტი	$Y_t = 0.78 Y(t-1) - 0.32 Y(t-2) + 279$
შეშის მოხმარება	$Y_t = -0.092 X^2 - 21.8 X + 134.22$
ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება	$Y_t = 0.81 Y(t-1) - 0.22 Y(t-2) + 279$
ელ.ენერგიის დანაკარგები	$Y_t = 0.72 Y(t-1) + 0.01 Y(t-2) + 65$
მოსახლეობის რაოდენობა	$Y_t = 0.066 Y(t-1) - 0.28 Y(t-2) + 2317.4$
მშპ-ის ზრდა	$Y_t = 0.108 Y(t-1) - 1.05 Y(t-2) + 323.2$
ტურისტების რაოდენობა	$Y_t = 0.58 Y(t-1) - 0.23 Y(t-2) + 1901.09$

ადნიშნული მოდელებით ჩატარებულია ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების სიდიდეების საშუალოვადიანი პროგნოზირება. შედეგები ასახულია მე-5 ცხრილში.

#### ცხრილი 5

##### ელექტროენერგიის გადაცემაზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზული მაჩვენებლები 2022—2026 წლებისათვის

წლები	დასახელება						
	ელ.ენერგიის ექსპორტი, მლნ.კვტ.სთ	შეშის მოხმარება, ათასი მ³	ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება, მლნ.მ³	ელ.ენერგიის დანაკარგები, მლნ.კვტ.სთ	მოსახლეობის რაოდენობა, ათასი კაცი	ტურისტების რაოდენობა, ათასი კაცი	მშპ-ის ზრდა, მლნ.ლარი
2022	506.7	301.9	2907	279	3730.33	2563.4	52655
2023	578.6	277.6	3105	272	3728.15	3021.9	54863
2024	549.7	253.1	3309	266	3726.22	3056.5	57051
2025	525.8	228.5	3519	262	3725.56	2968.5	59207
2026	510.0	203.6	3736	259	3725.70	2909.2	61330

მე-5 ცხრილის მონაცემების შესაბამისად (5) განტოლებით განხორციელებულია სსეი-ის მიერ ელექტროენერგიის გადაცემის მოცულობის საშუალოვადიანი პროგნოზი, ექსპო-ნენციალური გამოთანაბრების მეთოდით [4] დადგენილია პროგნოზული სიდიდეების ზედა და ქვედა ზღვრები, გაანგარიშების შედეგები მოცემულია მე-6 ცხრილში.

#### ცხრილი 6

##### ელექტროენერგიის გადაცემის საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები ზედა და ქვედა ზღვრებით (2022—2026 წწ.).

დასახელება		2022 წ	2023 წ	2024 წ	2025 წ	2026 წ
ელ.ენერგიის გადაცემა, მლნ.კვტ.სთ	ზედა ზღვარი	14543	15101	15652	16220	16491
	საბაზისო	14258	14661	15050	15448	15857
	ქვედა ზღვარი	13973	14221	14448	14675	15222

სსეი-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების (მოგება, შრომისნა-ჟოფიერება, ფონდუკუგება, შრომისნაყოფიერების ზრდის ტემპის ფარდობა სახელფასო ხარჯების ზრდის ტემპთან, გადახდისუნარიანობა) საშუალოვადიანი პროგნოზირება ჩატარებულია I-ლი ცხრილის მონაცემების საფუძველზე ავტორეგრესული და ექსტრაპოლაციური არაწრფივი მოდელებით (ფორმულა 1, 3). გაანგარიშების შედეგები მოცემულია მე-7 და მე-8 ცხრილებში.

**ცხრილი 7**

სსე-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების მაფორმირებელი  
პარამეტრების პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები

დასახელება	პროგნოზირების მოდელები
შემოსავლები	$Y_t=575.94 X^2+9732.5 X+31798$
ხარჯები	$Y_t=-167.6 X^2-21012 X+13973$
სახელფასო ხარჯები	$Y_t=-28.34 X^2+2020.6 X+11609$
თანამშრომლების რაოდენობა	$Y_t=0.066 Y(t-1)-0.28 Y(t-2)+2317.4$
ძირითადი ფონდების საშუალო წლიური ღირებულება	$Y_t=0.79 Y(t-1)-0.24 Y(t-2)+435758$
ვალდებულებები	$Y_t=-4315.6 X^2+152469 X+251814$
აქტივები	$Y_t=-2072.5 X^2+62926 X+851919$

**ცხრილი 8**

სსე-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების მაფორმირებელი  
პარამეტრების საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები

დასახელება	2022 წ	2023 წ	2024 წ	2025 წ	2026 წ
შემოსავლები, ათასი ლარი	255648	280929	307363	334948	363686
ხარჯები, ათასი ლარი	259312	275879	292118	308027	323608
სახელფასო ხარჯები, ათასი ლარი	33087	34343	35542	36684	37769
თანამშრომლების რაოდენობა ათასი კაცი	1569	1617	1666	1716	1767
ძირითადი ფონდების საშუალო წლიური ღირებულება, ათასი ლარი	916799	948068	966628	973872	975199
ვალდებულებები, ათასი ლარი	1504575	1540522	1567839	1586524	1596579
აქტივები, ათასი ლარი	1319705	1326673	1329497	1328175	1322709

მე-8 ცხრილის მონაცემების მიხედვით შესრულებულია სსე-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების (მოგება, შრომისნაყოფიერება, ფონდუკუგება, შრომისნაყოფიერების ზრდის ტემპის ფართობა სახელფასო ხარჯების ზრდის ტემპთან, გადახდისუნარიანობა) საშუალოვადიანი პროგნოზირება, პროგნოზული პარამეტრები ასახულია მე-9 ცხრილში.

**ცხრილი 9**

სსე-ის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების საშუალოვადიანი  
პროგნოზული სიდიდეების კრებსითი მონაცემები

დასახელება	2022 წ	2023 წ	2024 წ	2025 წ	2026 წ
ელექტროგიის გადაცემა, მლნ. კვტ.სთ.	14258	14661	15050	15448	15857
მოგება, ათასი ლარი	-3664	5050	15245	26921	40078
ფონდუკუგება	0.279	0.296	0.318	0.344	0.373
შრომისნაყოფიერება	163.0	173.7	184.5	195.2	205.9
შრომისნაყოფიერების ზრდის ტემპი / სახელფასო ხარჯების ტემპი	1.070	1.027	1.026	1.025	1.024
გადახდისუნარიანობა	1.14	1.16	1.18	1.19	1.21

## დასკვნა

- მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე შერჩეულია მსხვილი ელექტროენერგეტიკული კომპანიების მუშაობის საშუალოვადიანი პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები;
- მოძიებულია სსეის მრავალწლიანი მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების შესახებ სტატისტიკური ინფორმაცია და კორელაციური ანალიზით დადგენილია ელექტროსისტემის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორები;
- პროგნოზირების ოანამედროვე მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით ჩატარებულია სსეის მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება, მისი შედეგების მეცნიერული ანალიზით დადგენილია პრობლემები და შემუშავებულია მათი გადაწყვეტის გზები;
- გაირკვა, რომ სსეის ძირითადი პრობლემაა მოგების ზრდის დაბალი მაჩვენებელი, რომელიც პროგნოზულ პერიოდში ვერ უზრუნველყოფს ინვესტიციების დროულ დაბრუნვას. დაბალი ზრდის ტემპით ხასიათდება აგრეთვე შრომისნაყოფიერება, რომლის ზრდის ტემპი მცირედით უსწრებს ხელფასის ზრდის ტემპს. გადახდისუნარიანობის მაჩვენებლები ბევრად ნაკლებია დადგენილ ნორმებზე.

ადნიშნული პრობლემების გადაწყვეტის მიზნით საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემამ უნდა შეიმუშაოს კომპლექსური პროგრამა ორგანიზაციის მუშაობის ეფექტიანობის ასამაღლებლად, კონკრეტული ღონისძიებები უნდა გაატაროს გადახდისუნარიანობის კოეფიციენტის დადგენილ ნორმებთან შესაბამისობაში მოსაყვანად, საინვესტიციო დაგალიანების განსაზრეულ ვადებში დაბრუნების უზრუნველსაყოფად და შრომისნაყოფიერების ასამაღლებლად.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის წლიური ანგარიშები 2012–2021 წწ. <http://www.gse.com.ge/new/?cat=7>
2. დ. ჯაფარიძე, ნ. გიორგიშვილი, საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსის საშუალოვადიანი პროგნოზირება და დაგეგმვა. თბ., 2017.
3. დ. ჯაფარიძე, გ. ჯოჯუა საქართველოს მსხვილი ელექტროენერგეტიკული კომპანიების მართვის ეფექტიანობის პროგნოზული ანალიზი, პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები// ქ. ენერგია, 2(98), 2021.
4. Прогнозирование и планирование экономики. /Под общей редакцией Г. А. Кандауровой и В.И. Борисевича. Минск, 2015 .
5. <https://math.semestr.ru/regress/core1.php>
6. <https://studfile.net/preview/3066500/page:9/>

**MEDIUM-TERM FORECASTING OF THE FACTORS THE EFFECIENCY OF THE GEORGIAN STATE ELECTRICITY SYSTEM**

**G. Jojua**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The mathematical models of large electric power company activity middle-term forecast have been selected based on in-depth study of up-to-date methods of forecast. According to statistical information analysis of the multi-year technical-economic data of operation of the “Georgian State Electrosystems” and the results of scientific research, the factors determining the efficiency of the Georgian State Electricity system have been selected. Medium-term forecast of these factors has been conducted, problems have been identified and ways to solve them are shown.

**Keywords:** efficiency; electricity; factors; forecasting; problems.

მიღების გრძივი გლიცენის დგანების კონსტრუქციული სქემების ანალიზი და სრულყოფა

**სლავა მებონია, ჯემალ მელქაძე, ფრიდონ მშვილდაძე, ნინო კენჭიაშვილი**

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი, შპს რუსთავის ფოლადი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია მიღების გრძივი გლიცენის დგანების კონსტრუქციული სქემები. ამ სქემების ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია მათი უპირატესობები და ნაკლოვანებები. წარმოდგენილია მიღების გრძივი გლიცენის ავტომატური დგანის ახალი კონსტრუქციული სქემა, რომელიც ერთი გატარებით გლიცენის პროცესის წარმოების საშუალებას იძლევა. ეს კი ამცირებს გლიცენის დროს, ზრდის დგანის მწარმოებლურობას და მუშაობის საიმედოობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ავტომატდგანი; გრძივი გლიცენი; მწარმოებლურობა.

### შესავალი

მრგვალ კალიბრებში მიღების გრძივი გლიცენი, მიღნამზადის განლრუების შემდეგ, უნაკერო ცხლად ნაგლინი მიღების გლიცენის ტექნილოგიური პროცესის მეორე ძირითადი ოპერაცია, რომელიც სრულდება სხვადასხვა ტიპის (კერძიდ, ავტომატურ, პილიგრიმულ და სამგლინიან შემომგლინია) დგანებზე. აღნიშნულთაგან განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება ავტომატდგანები, რომლებიც გამოირჩევა საკმაოდ მაღალი მწარმოებლურობით, მანევრირებით და ინსტრუმენტის სიმარტივით [1, 2].

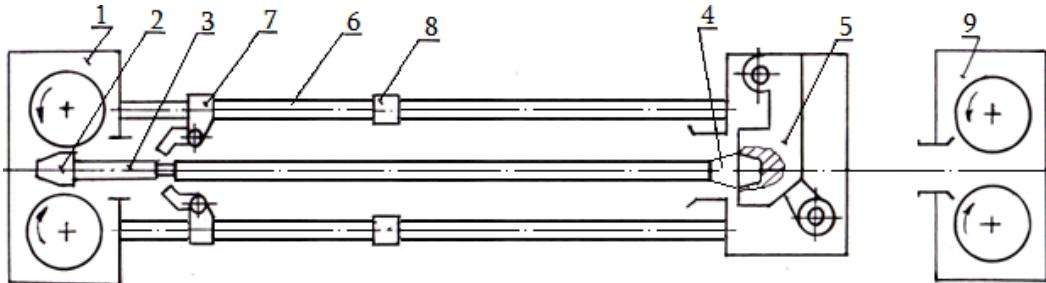
მიღების გლიცენია ავტომატდგანზე, ჩვეულებრივ, ორი ან სამი გატერებით ხორციელდება. აღსანიშნავია, რომ ავტომატდგანზე გლიცენისას ლითონი დეფორმირდება პირდაპირი სელის დროს და დგანის წინა მაგიდის მიმდები დარიდან გლიცენის მიეწოდება. როცა მასრა უკუმიწოდების გორგოლაჭების მეშვეობით დგანის უკანა მაგიდიდან წინა მაგიდაზე პრუნდება, ლითონის დეფორმაცია აღარ ხდება, კ. ი. ამ შემთხვევაში უქმი სვლა სრულდება [3]. ცხადია, გლიცენის ასეთი რეჟიმი ამცირებს ავტომატდგანის მწარმოებლურობას.

აქედან გამომდინარე, მეტალურგია ავტომატდგანზე გლიცენის რაციონალური სქემისა და რეჟიმის შემუშავება.

### ძირითადი ნაწილი

ჩვენი მიზანი იყო მიღების გრძივი გლიცენის დგანების კონსტრუქციული სქემების ანალიზი და ახალი სრულყოფილი სქემის შემუშავება. ამ თვალსაზრისით შეირჩა ორჯერადი გლიცენის დგანების გამოყენება.

ორჯერადი გლინგის დგანის კონსტრუქცია [4] შეიცავს დაკალიბრებული გლინების მქონე ორ მიმდევრობით მუშა უჯრას (1, 2) და მუშა უჯრებს შორის განლაგებულ საერთო ღეროს (3). ღეროს ბოლოებზე დამაგრებულია პირველი და მეორე გატარების სამართულები (4, 5). მეორე გატარების სამართული (5) ჩამაგრებულია საგდები ტიპის საყრდენ-სარეგულირებელ მექანიზმში (6). მუშა უჯრებს შორის ასევე დამაგრებულია ცილინდრული მიმმართველები (7, 8), რომლებზეც განლაგებულია ღეროს სატაცები (9, 10) და სარეგულირებელი ქანჩები (11, 12). ქანჩები გამოიყენება დეფორმაციის კერაში სამართულების ზუსტად დასაუნებლად.



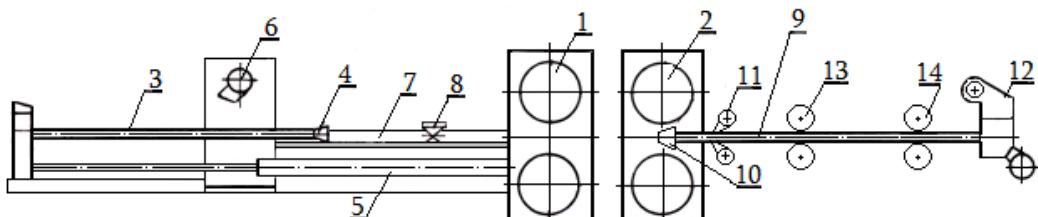
ნახ. 1. ორჯერადი გლინგის დგანის სქემა საერთო ღეროთ

მუშა უჯრაში (1) მასრის გაგლინგის შემდეგ ღეროს სატაცები (9, 10) იკავებს ღეროს, საგდები საყრდენ-სარეგულირებელი მექანიზმი (6) გადაიწვა, ხოლო ღერო (3) მასრასთან ერთად ღერძული გადაადგილების მექანიზმის (ნახ.-ზე ნაჩვენები არ არის) მეშვეობით გადაინაცვლებს წინ და მეორე გატარების სამართულს (5) აეკენებს მუშა უჯრის (2) დეფორმაციის კერაში. ამის შემდეგ ხდება მასრის ხელმეორედ გაგლინგი.

ასეთი კონსტრუქციის დგანის დადებითი მხარე ისაა, რომ აქ მინიმუმამდევ დაყვანილი დამხმარე ოპერაციების რაოდენობა, მაგრამ პირველი გატარების დროს სამართულების ღერო განიცდის ღერძული კუმშვის ძალების ზემოქმედებას, რაც ხშირად მისი მდგრადობის დაკარგვის მიზეზი ხდება. ეს კი საგრძნობლად ამცირებს დგანის მუშაობის საიმედოობას.

განვიხილოთ ორჯერადი გლინგის დგანის სქემა, რომელშიც სამართულის ძირითადი ღეროს გარდა, გამოიყენებულია მეორე – დამატებითი ღერო [5].

დგანის სქემა მოცემულია მე-2 ნახ.-ზე.



ნახ. 2. ორჯერობითი ორჯერადი გლინგის დგანის სქემა

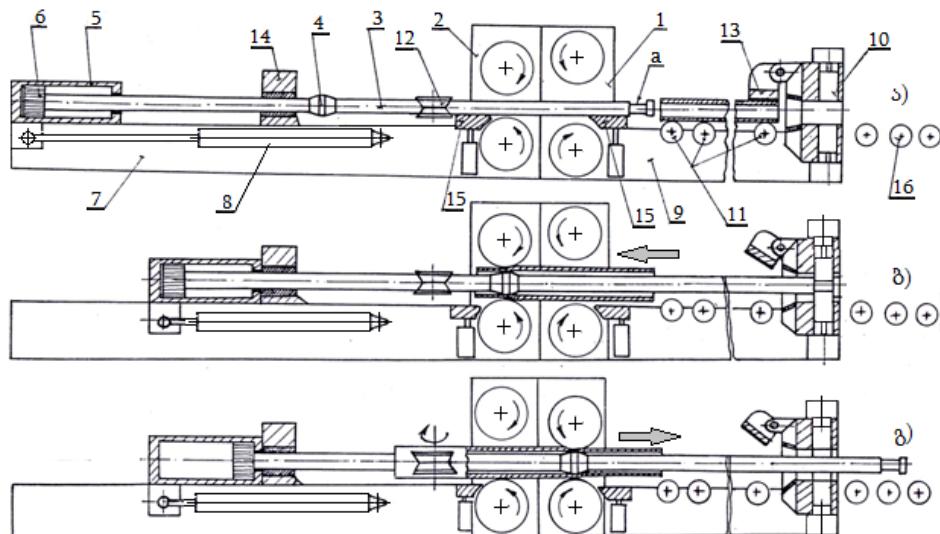
დგანი შეიცავს მიმდევრობით განლაგებულ მუშა უჯრებს (1, 2) და წინა და უკანა მაგიდების დამხმარე მექანიზმებს. დგანის წინა მაგიდაზე განლაგებულია მოძრავ კარეტაში ჩამაგრებული ძირითადი ღერო (3) პირველი გატარების სამართულით (4), გრძელსვლიანი პნევმოცილინდრი (5) და მისი გადაადგილებისათვის საჭირო საყრდენ-სარეგულირებელი მექანიზმი (6), მასრის მიმდები დარი (7) და ფრიქციული გორგოლაჭები (8), რომელთა დანიშნულებაა მასრის გლინებისათვის მიწოდება. დგანის უკანა მაგიდაზე განლაგებულია დამატებითი ღერო (9) მეორე გატარების სამართულით (10), დამატებითი ღეროს დამჭერი

სატაცები (11), საგდები ტიპის საყრდენ-სარეგულირებელი მექანიზმი (12) და გორგოლაჭები (13, 14).

დგანი მუშაობს შემდეგი პრინციპით: მიმღებ დარში (7) მასრის მოხვედრისთანავე ჩაირთვება გრძელსვლიანი პნევმოცილინდრი (5), რომელიც გადააადგილებს კარეტას მასში ჩამაგრებული ძირითადი დეროთი (3) და პირველი გატარების სამართულით (4). ეს სამართული გაივლის მასრაში (გლინვის ცხრილის თანახმად მასრის შიგა დიამეტრი რამდენიმე მილიმეტრით ადგინება სამართულის დიამეტრს) და დაღება მუშა უჯრის (1) გლინების კალიბრის არეში. ამის შემდეგ ფრიქციული გორგოლაჭები (8) ახდენს მასრის გლინებში მიწოდებას. გაგლინვის შემდეგ საგდები საყრდენ-სარეგულირებელი მექანიზმი (12) გადაიწევა და მიღი გორგოლაჭებით (13, 14) გადაეცემა მოდევნო ოპერაციის შესასრულებლად. ამ დროს დამატებითი დერო (9) დაჭერილია სატაცებით (11).

ამ კონსტრუქციაშიც გლინვის დროს დამატებითი სამართულის დერო განიცდის დერქულ კუმშვას, რაც მისი ჭარბი დუნგისა და მდგრადობის დაკარგვის მიზეზი ხდება. გარდა იმისა, რომ ეს ამცირებს დგანის მუშაობის საიმედოობას, ირდვევა დგანის აწყობის პარამეტრები და გაგლინული მიღის პროცესის გეომეტრიული ფორმა, რაც იწვევს ზომების ცდომილებებს და უარესდება მიღების ხარისხი.

განვიხილოთ ორმხვრივი გლინვის დგანის სქემა (ნახ. 3), რომელშიც მოკლე თრმხვრივ-კონუსური სამართული დაყენებულია დეროს შუა ნაწილში. სამართულის ასეთი განლაგება უზრუნველყოფს დეროს მუშაობას გაჭიმვაზე, რაც ძალზე ხელსაყრელია მისი მდგრადობისათვის [6].



ნახ. 3. ორმხვრივი გლინვის დგანის სქემა

დგანი შეიცავს ორ მიმდევრობით მუშა უჯრას (1, 2), რომელთა გლინების კალიბრებში განლაგებულია დერო (3) მოკლე ორმხვრივ-კონუსური სამართულით (4) შუა ნაწილში. დეროს წინა ნაწილში გაკეთებულია გამონაჩარები („ა“) დამჭერი მექანიზმის სატაცებისათვის, ხოლო უკანა დაბოლოებით ის ჩამაგრებულია მოძრავი პნევმოცილინდრის (5) დგუშში (6). მოძრავი პნევმოცილინდრი (5) დაყენებულია დგანის უკანა მაგიდის ძარაზე (7). ამ ძარაზე დამაგრებულია ასევე გრძელსვლიანი პნევმოცილინდრი (8), რომლის ჭოკი შეერთებულია მოძრავ პნევმოცილინდრთან (5). მუშა უჯრასთან (1) მიმაგრებულია დგანის წინა მაგიდის

ქარა (9), რომელზეც დგას დეროს (3) დამჭერი მექანიზმი (10) და გორგოლაჭები (11). ფრიქ-ცოული ირიბად დაყენებული გორგოლაჭები (12) განკუთვნილია მიღნამზადის  $90^{\circ}$ -ზე გადაჟირავებისა და გლინებისათვის მისაწოდებლად მეორე გატარების დროს. დეროს დამჭერ მექანიზმზე დამაგრებულია სამუხრუჭო ბუნიკი (13), რომლის დანიშნულებაა მასრის დერ-ძული გადაადგილების აცილება მასში სამართულიანი დეროს შეყვანის დროს. ლუნეტი (14) და ასაწევი საყრდენები (15) განკუთვნილია დეროს (3) გლინების დერმთან დამთხვევისათვის. როლგანგის (16) დანიშნულებაა გაგლინული მიღის დგანიდან ტრანსპორტირება.

საწყის მდგომარეობაში (ნახ. 3, ა) სამართულის დერო (3) იმყოფება უკანა უკიდურეს პოზიციაში, სამართული (4) გამოყვანლია დეფორმაციის კერიდან, დეროს დამჭერი მექა-ნიზმი (10) გახსნილია. მუშა უჯრის (2) გლინები მიახლოებულია ერთმანეთთან, ხოლო მუშა უჯრის (1) გლინები – დაშორიშორებული. ასაწევი საყრდენები (15), რომლებზეც დევს დერო (3) აწეულია. მასრა იმყოფება დგანის წინა მაგიდაზე და დაფიქსირებულია სამუხრუჭო ბუნიკით (13).

დგანის მუშაობისას ჩაირთვება გრძელსვლიანი პნევმოცილინდრი (8), რომელიც გადა-ადგილებს მოძრავ პნევმოცილინდრს (5) და მასთან ერთად დეროს (3) სამართულით (4). ამის შედეგად დერო და სამართული გადის მასრაში (მასრის შიგა დიამეტრი აღემატება სამართულის დიამეტრს) – სამართული აღმოჩნდება მუშა უჯრის (2) დეფორმაციის კერაში, ხოლო დეროს გამონაჩარხი („ა“) – დამჭერი მექანიზმის სატაცებში. ამ დროს მოხდება ასაწევი საყრდენების (15) დაწევა. ამის შემდეგ სამუხრუჭო ბუნიკი (13) ათავისუფლებს მას-რას და გორგოლაჭები (11) გადააწოდებს მას მუშა უჯრის (2) გლინებს, სადაც ის გაიგ-ლინება. ადსანიშნავია, რომ, ვინაიდან დგანის (ნახ. 3, ბ) მუშა უჯრის (2) გლინების წრიული სიჩქარე მიმართულია დამჭერი მექანიზმის საწინააღმდეგოდ, დერო (3) დაჭიმული იქნება გლინების მთელი პერიოდის განმავლობაში.

პირველი გატარების შემდეგ მუშა უჯრის (2) გლინები იშლება, ხოლო მუშა უჯრის (1) გლინები უახლოვდება ერთმანეთს. დამჭერი მექანიზმი (10) ათავისუფლებს დეროს (3), მოძრავი პნევმოცილინდრი (5) გამოსწევს დეროს (3) და სამართული (4) დადგება მუშა უჯრის (1) გლინების კალიბრში. ამის შემდეგ ირიბად დაყენებული ფრიქცოული გორგო-ლაჭები (12) აყირავებს მიღს  $90^{\circ}$ -ით და აწვდის მას მუშა უჯრის (1) გლინებს. ამ მუშა უჯრაში ხორციელდება მეორე გატარება და მიღი კვლავ აღმოჩნდება წინა მაგიდაზე. მეორე გატარების შემდეგ კი გორგოლაჭები (11) და როლგანგი (16) ახდენს გაგლინული მიღის დგანიდან ტრანსპორტირებას.

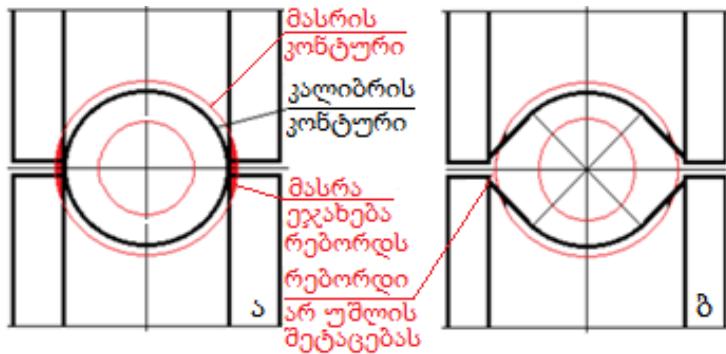
ვინაიდან მუშა უჯრის (1) გლინების წრიული სიჩქარე (ნახ. 3, გ) მიმართულია ლუნეტის (14) საწინააღმდეგოდ, დერო (3) დაჭიმული იქნება გლინების მთელი პერიოდის განმავლობაში.

ამრიგად, როგორც პირველი, ისე მეორე გატარების დროს სამართულის დერო გაჭიმულ მდგომარეობაშია, რაც გამორიცხავს მის მიერ მდგრადობის დაკარგვას. ეს კი უზრუნ-ველყოფს დგანის აწყობის პარამეტრების მუდმივობას და მიღების ზომების სიზუს-ტებს. გარდა ამისა, დუნების თავიდან ასაცილებლად დეროში წარმოიქმნება უფრო ხელსაყ-რელი დაბაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, მცირდება მისი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა და იზრდება დგანის მუშაობის საიმედოობა.

ამჟამად მიღების წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება ავტომატდგანიანი მიღსაგლინი აგრეგატები [7]. ამ აგრეგატებში ავტომატდგანი ასრულებს ერთ-ერთ ძირითად ტექნოლო-გიურ ოპერაციას – მასრიდან მიღის გლინებას. ავტომატდგანი არის მიღების გრძივი გლინების დგანი, რომელსაც აქვს მუშა უჯრა დაკალიბრებული გლინებით და უკუმიწოდების გორგოლაჭებით, წინა და უკანა მაგიდები დამხმარე მექანიზმებით. წინა მაგიდაზე დაყე-ნებულია მიმღები დარი, გორგოლსვლიანი პნევმოცილინდრი, რომლის დანიშნულებაა მიღნამ-

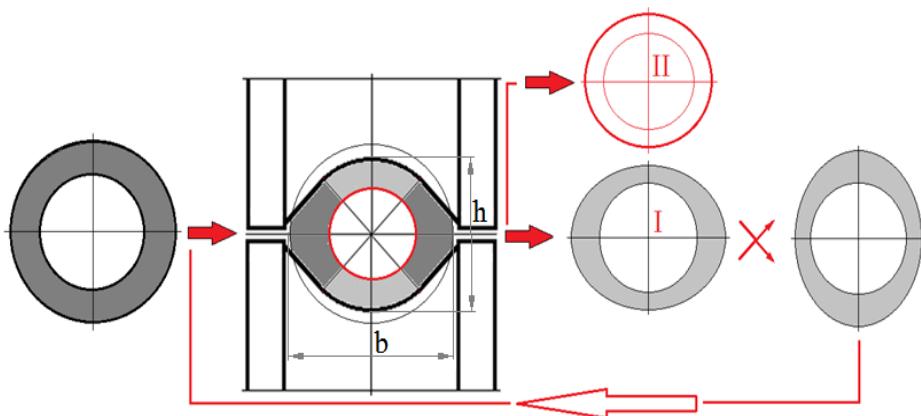
ზადის მიწოდება მუშა უჯრისათვის, ფრიქციული გორგოლაჭები მიღნამზადის გადაყირავებისათვის და სამართულების ცვლის მექანიზმი. უკანა მაგიდაზე დგას ხრახნული ტიპის საყრდენ-სარეგულირებელ მექანიზმი, რომელშიც ჩამაგრებულია სამართულის დერო.

ავტომატდგანის გლინები მრგვალკალიბრიანია, რომლებსაც აქვს მომრგვალებული ან სწორხაზოვანი გამშვებები. გამშვების გარეშე მასრის შეტაცება პრაქტიკულად შეუძლებელია, ვინაიდან მასრის დიამეტრი მეტია კალიბრის დიამეტრზე და გლინებში მიწოდებისას ის ეჯახება გლინების რებორდებს (ნახ. 4, ა), ხოლო გამშვებების არსებობის შემთხვევაში კალიბრის სიგანე მასრის დიამეტრზე მეტია (ნახ. 4, ბ) და მასრა თავისუფლად შედის კალიბრში.



ნახ. 4. ავტომატდგანის გლინის კალიბრი

იმის გამო, რომ მიღების გლინების პროცესში გამოიყენება კალიბრები მომრგვალებული ან სწორხაზოვანი გამშვებებით, ხოლო გლინების კალიბრში მოთავსებული სამართული მრგვალია, მასრის გაგლინვის შემდეგ მიღის გვერდები ალაგ-ალაგ უფრო სქელი გამოდის (ნახ. 5, პოზიცია I). თანაბარი სისქის კედლის მქონე მიღის მისაღებად პირველი გატარების შემდეგ საჭიროა მისი გადაყირავება  $90^{\circ}$ -ზე და ხელმეორედ გაგლინვა. ასეთი ოპერაციის შედეგად მიღის სქელი ადგილები გაიგლინება კალიბრის ცენტრალურ არეში, სადაც გლინსა და სამართულს შორის ღრებო რგოლის ფორმისაა (ნახ. 5, პოზიცია II). ე. ი. კალიბრებში მიღების გლინვა მოითხოვს მინიმუმ ორ გატარებას. ცხადია, ეს ახანგრძლივებს გლინების პროცესს და ამცირებს დგანის მწარმოებლურობას.

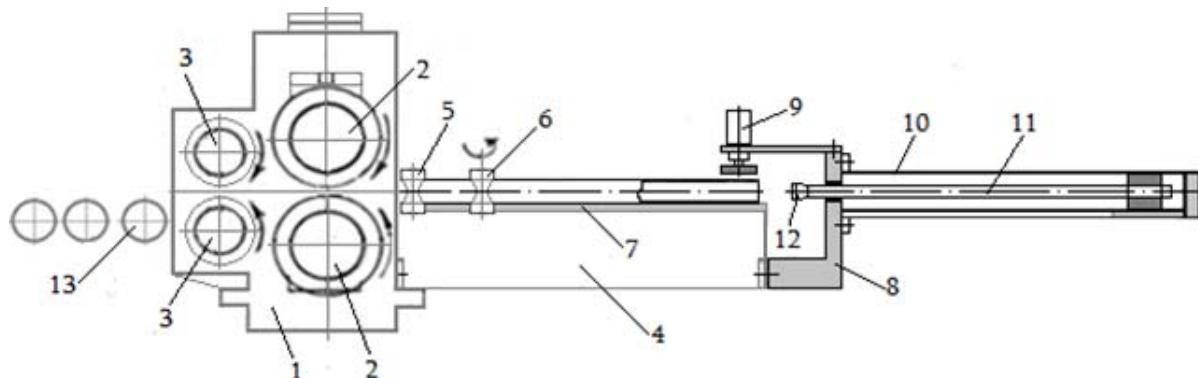


ნახ. 5. ავტომატდგანზე გლინების პროცესი

ორი გატარებით გლინგის დროს, უშუალოდ გლინგის ოპერაციის გარდა, უნდა განხორციელდეს მთელი რიგი დამხმარე ოპერაციები. კერძოდ, უნდა მოხდეს პირველი გატარების სამართულის მოხსნა დეროდან, მიღის დაბრუნება დაგნის წინა მაგიდაზე და მისი 90°-ით გადაყირავება, შემდეგ მეორე გატარების სამართულის დაყენება დეროზე და სხვ. ეს კიდევ უფრო ზრდის გლინგის პროცესის ხანგრძლივობას და ამცირებს დგანის მწარმოებლურობას.

აღსანიშნავია, რომ დგანზე არსებული სამართულის დერო განიცდის დერძული კუმშვის ძალების ზემოქმედებას, რაც ხშირად მისი მდგრადობის დაკარგვას იწვევს და აფერხებს დგანის გამართულ მუშაობას.

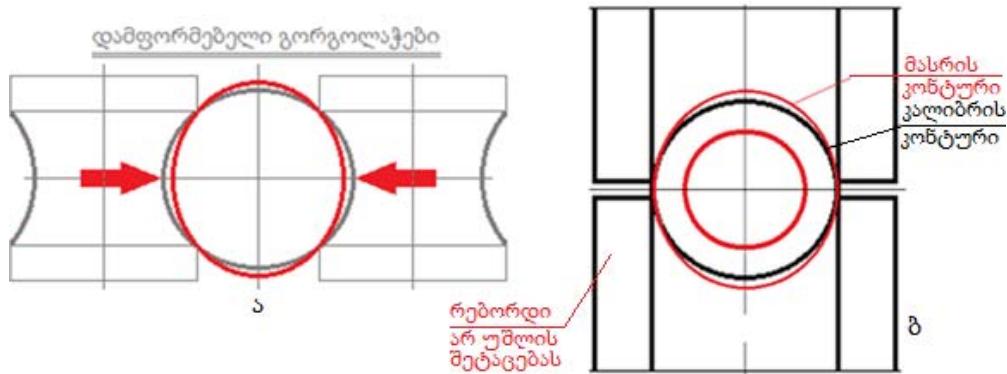
ავტორების მიერ შემუშავებულია მიღების გრძივი გლინგის ავტომატური დგანის რაციონალური სქემა [8]. მე-6 ნახ-ზე წარმოდგენილია ამ სქემის გაუმჯობესებული ვარიანტი.



ნახ. 6. ავტომატური დგანის ახალი სქემა

მიღების გრძივი გლინგის ავტომატურ დგანს აქვს მუშა უჯრა (1) დაკალიბრებული გლინებითა (2) და გორგოლაჭებით (3). დგანის წინა მაგიდაზე (4) დაყენებულია მაფორმირებელი გორგოლაჭები (5), მიღნამზადის გლინებთან მიმწოდებელი ფრიქციული გორგოლაჭები (6) და მიმღები ღარი (7). წინა მაგიდის (4) უკანა ტორსზე მიმაგრებულია სტაციონარული საყრდენი (8), რომელზეც დაყენებულია მიღნამზადის მიმჭერი (9). საყრდენთან (8) მიერთებულია გრძელსფლიანი პნევმოცილინდრი (10), რომლის ჭოკზე (11) დამაგრებულია სამართული (12). დგანის უკანა მაგიდა აღჭურვილია როლგანგით (13). მისი დანიშნულებაა გაგლინული მიღის მუშა უჯრიდან გატანა.

დგანი მუშაობს შემდეგი პრინციპით: მიღნამზადის (მასრის) მიმღებ ღარში (7) მოხვედრისთანავე მიმჭერი (9) დაეჭვება და დაიკავებს მიღნამზადს. ამის შემდეგ ჩაირთვება პნევმოცილინდრი (10) და გადაადგილებს ჭოკს (11) სამართულთან (12) ერთად მარჯვნიდან მარცხნივ. ეს სამართული გაივლის მიღნამზადში (გლინგის ცხრილის თანახმად მიღნამზადის შიგა დიამეტრი რამდენიმე მილიმეტრით აღემატება სამართულის დიამეტრს) და დადგება გლინების კალიბრის არეში. ფრიქციული გორგოლაჭები (6) როგორც კი მიუახლოვდება ერთმანეთს, მიაწოდებს მიღნამზადს გლინებს. გლინებში მოხვედრამდე მიღნამზადის წინა ნაწილი მიიღებს ოვალურ ფორმას (ნახ. 7, а) მაფორმირებელ გორგოლაჭებში (5) და შეუფერხებლად შევა გლინების მრგვალ კალიბრში (ნახ. 7, б).



ნახ. 7. მილნამზადისათვის ოვალური ფორმის მიღება (ა) და კალიბრის შესვლა (ბ)

გაგლინვის შემდეგ დაკალიბრებული გორგოლაჭების (3) და როლგანგის (13) მეშვეობით მილი გადადის დამუშავების შემდეგ ეტაპზე.

### დასკვნა

ამრიგად, ვინაიდან მილნამზადის წინა ნაწილის დამუშავება მაფორმირებელ გორგოლაჭებში ავტომატდგანის გლინებში წრიული კალიბრების გამოყენების საშუალებას იძლევა, პირველივე გატარების შემდეგ მილის კედელი თანაბარი სისქით გამოდის. ეს შესაძლებელს ხდის გლინვა ერთი გატარებით განხორციელდეს, რითაც საგრძნობლად შემცირდება გლინვის დრო და გაიზრდება დგანის მწარმოებლურობა.

გარდა ამისა, აღსანიშნავია ისიც, რომ მოცემულ შემთხვევაში სამართულის დერო გაჭიმვაზე მუშაობს, რაც გამორიცხავს დეროს მდგრადობის დაკარგვას და უზრუნველყოფს დგანის მუშაობის საიმედოობას.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Друян В. М., Гуляев Ю. Г., Чукмасов С. А. Теория и технология трубного производства. РИА/Днепр- ВАЛ, Днепропетровск, 2001. - 543 с.
2. Шевакин Ю. Ф., Глейберг А. З. Производство труб. М.: Металлургия, 1968. - 440 с.
3. Виноградов А. Г. Трубное производство. М.:Металлургия, 1981. - 343 с.
4. Бердянский М. Г., Ходак З. З., Бибик Г. А., Белоусов Б. М. Авт. Свид. N766680. Стан продольной прокатки труб. Б.И. №36, 1980 . - 23 с.
5. Позин Я. М., Белоусов Б. М. Авт. Свид. №416413. Стан продольной прокатки труб. Б.И. N7, 1974. - 34 с.
6. ს. მებონია, მ. მიქაელებაძე, ა. ნოზაძე, პ. წერეთელი. მიღების გრძივად გლინვის დგანი. გ. ბ. №13, 1999. - 18 გვ.
7. Вердеревский В. А., Глейберг А. З., Никитин А. С. Трубопрокатные станы. М.:Металлургия, 1983, с. 78-96.
8. რ. ადამია, ს. მებონია, თ. ნატრიაშვილი, დ. დემეტრაძე. ავტომატური მილსაგლინი დგანის რაციონალური სქემის შემუშავება//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, № 1-3, თბ., 2009, გვ. 52-56.

**ANALYSIS OF CONSTRUCTION SCHEMES OF LONGITUDINAL ROLLING MILLS  
AND THEIR IMPROVEMENT**

**S. Mebonia, J. Melkadze, P. Mshvildadze, N. Kenchiashvili**

(R. Dvali Institute of Machine Mechanics, LLC Rustavi Steel, Georgian Technical University)

**Resume.** The design schemes of longitudinal pipe rolling mills are considered, their analysis is carried out, and their advantages and disadvantages are revealed. A new structural scheme of an automatic tube longitudinal rolling mill is presented, which makes it possible to carry out the rolling process in one pass, reduce rolling time, increase the mill's productivity and operational reliability.

**Keywords:** automatic mill; longitudinal rolling; productivity.

საქართველოში თხისა და ცხვრის ყველის დამზადების ზოგიერთი  
თავისებურება და მცენარეული დანამატების გამოყენება

### ვასილ ლლილვაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია თხისა და ცხვრის სხვადასხვა სახეობის ყველის წარმოების ტექნოლოგიური ასპექტები. აღწერილია რბილი ყველი, უქერქო ყველი, სწრაფად მომწიფებული და მოუმწიფებელი ყველი, სწრაფად მომწიფებული 40 % ცხიმის შემცველი ყველი, ასეთივე ცხიმიანობის მქონე მოუმწიფებელი ყველი და სხვ. ამიერკავკასიის ქვეყნებს რეალური შესაძლებლობა აქვს მიიღოს ეკოლოგიურად სუფთა და მაღალხარისხიანი ნედლეული (რძე) თხისა და ცხვრის ყველის დასამზადებლად მცირე და საშუალო წარმოების პირობებში. ამ ქვეყნებს, მათ შორის საქართველოს, შეუძლია როგორც ტრადიციული, ისე ახალი (არატრადიციული) კონკურენტუნარიანი ყველის ექსპორტი.

**საკვანძო სიტყვები:** მცენარეული დანამატები; ტექნოლოგია; ყველი; წარმოება.

### შესავალი

ყველს ხანგრძლივი და საინტერესო ისტორია აქვს. ყველის დამზადების უძველესი ისტორიული წერტილი შუმერული კულტურული პერიოდით თარიღდება. ძველმა ეგვიპტულებმა ყველის დამზადება ჯერ კიდევ ქრისტენობამდე ათასობით წლით ადრე დაიწყეს, რაც დასტურდება არქეოლოგიური გათხრების დროს მოპოვებული მრავალი აღმოჩენით. ძველ ადთქმაშიც კი არის ნახსენები ცხვრისა და ძროხის რძისაგან დამზადებული ყველი. ძველ საბერძნეთში საკმაოდ მაღალ დონეზე იყო ყველის წარმოება. ბერძნები ყველს დმერთების საჩუქრად მიიჩნევდნენ.

მათ სჯეროდათ, რომ რაღაც სახწაული ახდენდა რძის ყველად გადაქცევას. არისტოტელებს ძალიან დეტალურად აქვს აღწერილი ყველის დამზადების წესი. ლიტერატურაში აღნიშნულია, რომ პომეროსის საყვარელი ყველი თხის რძისგან დამზადებული ყველი ფერა იყო.

რომაელ ლეგიონერებთან ერთად ყველის დამზადების ხელოვნება გავრცელდა რომის იმპერიის გარეუბანში. ამ დროისათვის ცნობილი იყო გამონათქვამი: „Nulla caena sine caesum“ (ე. ი. „არც ერთი კერძი ყველის გარეშე“). ძველ რომაელებს, რომლებმაც იცოდნენ ყველის დამზადება, სჯეროდათ, რომ იგი არამარტო სასარგემლო გავლენას ახდენდა საჭმლის მონედებაზე, არამედ მას იყენებდნენ როგორც ანტიდოტს მოწამვლის შემთხვევაში.

თანამედროვე ყველის დამზადების პროცესი, მისი სტრუქტურა და გემო ძალიან შორსაა იმისაგან, რაც იყო მრავალი საუკუნის წინათ. ზოგიერთ ქვეყანაში ყველის დამზადებამ

ხელოვნების დონეს მიაღწია და იგი ეროვნული სიამაყის საგანი გახდა. ყველის წარმოებით, უპირველეს ყოვლისა, გამოირჩევა შვეიცარია, იტალია, დანია, პოლანდია, საფრანგეთი და, რა თქმა უნდა, საქართველო.

## ძირითადი ნაწილი

**მასალა, მეთოდიკა. ტექნოლოგია.** ყველის წარმოების ტექნოლოგია უკიდურესად როგორი ბიოქიმიური პროცესია, რომელიც მიკროფლორისა და ფერმენტების გავლენით მიმდინარეობს. ყველის წარმოების მთელი პროცესი დაყოფილია სამ ეტაპად:

- რძის მომზადება შესაკვეთად;
- რძის შეკვეთა და ნედლი ყველის მასის მიღება;
- ყველის დამზადება და ყველის მომწიფება.

ბოლო პერიოდში გაიზარდა ინტერესი რძილი ყველის დამზადების ახალი ტექნოლოგიისადმი, ვინაიდან მას აქვს მთელი რიგი ტექნოლოგიური და ეპონომიკური უპირატესობა მყარ და მარილწყალში მომწიფებულ ყველებთან შედარებით. ყველის წარმოებაში, ძროხისა და ცხვრის რძისაგან დამზადებული ყველისაგან განსხვავებით, განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა თხის რძისაგან მიღებული ყველის პიპოალერგიულ და ბიოლოგიურ თვისებებს.

აღსანიშნავია, რომ თხის რძეს ფერმენტებით შედედების უფრო დაბალი უნარი აქვს, რაც გარკვეულწილდა აისხება ცილის ფრაქციული შედგენილობით და დაბალი ტიტრირებადი მუავიანობით. ამიტომ რძილი ყველის ტექნოლოგიის შემუშავებისას გამოიყენება ბაქტერიული კულტურებისა და კალციუმის ქლორიდის მომატებული დოზები. ამის შედეგად იზრდება მიღებული ნედლი მასა და შემდგომი დამუშავებისას – მისგან შრატის გამოდევნა. განსხვავებული პარამეტრების მიხედვით ყველის წარმოება სხვადასხვა გემოსა და კონსისტენციის ყველის მიღების საშუალებას იძლევა.

საგულისხმოა, რომ თხის რძით დამზადებულ ყველს შეუძლია უზრუნველყოს როგორც ბავშვების, ისე მოზრდილების სრულფასოვანი, რაციონალური და ჯანსაღი კვება.

### ყველის სახეობები:

**რძილი (მაჭიგის)** ყველი და მისი წარმოების ტექნოლოგია. რძილი ყველის ჯგუფი ყველაზე მრავალრიცხვანია. მასში შედის 100-ზე მეტი დასახელების ყველი. რძილი ყველის წარმოება განსაკუთრებით გავრცელებულია საფრანგეთში, იტალიაში, გერმანიაში, დასავლეთ ევროპის სხვა ქვეყნებში, ლათინურ ამერიკაში.

რძილი ყველის წარმოება ეფუძნება რძემჟავა პროცესის ინტენსიური განვითარების პირობების შექმნას ყველში მაღალი ტენიანობისას (60 % და მეტი). ამისათვის რძე კოაგულაციამდე ლაქტოკოკის 1–3 % ბაქტერიულ კვეთან ერთად ინახება 1-2 °T მუავიანობის მიღწევამდე. შედედების ხანგრძლივობა 60–90 წთ-ია. მიღებულ ნედლ მარცვალს ტოვებენ მსხვილად. ყველის ფორმირებისათვის შრატი მასასთან ერთად ისხმება ყალიბში, სადაც მიმდინარეობს თვითდაწნება 4–8 სთ-ის განმავლობაში 18–20 °C ტემპერატურაზე.

**უქერქო ყველი,** ჩვეულებრივ, მაღალ, დაბალ ან საშუალო ტემპერატურამდე მეორეული გაცხელებით მიღებული მყარი ან ჩედარის ტიპის ყველია, რომელიც მზადდება პასტერიზებული რძისაგან. ყველის ცხიმიანობა შეადგენს 45–50 %-ს. შემუშავებულია ტექნოლოგიები სპეციფიკური უქერქო ყველის წარმოებისათვის, რომლის თავისებურება ის არის, რომ ყველის ტენიანობა ჩვეულებრივზე 2–3 %-ით დაბალია. ასეთ უქერქო ყველს არაერთი უპირატესობა აქვს ტრადიციულ ყველებთან შედარებით. უქერქო მზა ყველი წარმოადგენს 50–80 კგ

და მეტი მასის მქონე მსხვილ ბლოკს, რომელსაც არ სჭირდება გასუფთავება და მოიხმარება მთლიანად. ამასთან, წარმოებისას ყველის ხარისხი უფრო სტაბილურია, ხოლო კონსისტენცია – ერთგარეობანი.

სწრაფმწიფადი ყველი მდნარია და მისი მრავალი სახეობა არსებობს. ამ ტიპის ყველის დასამზადებლად უფრო მოსახერხებელი და ეფექტურია მწიფე ყველის ნაცვლად სწრაფმწიფადი ყველის ნახევარუჯაბრიკატის გამოყენება.

**დაჩქარებული მომწიფების ან პოლანდიური ტიპის მოუმწიფებელი ყველი** ცომისმაგვარი მკვრივი მასაა, რომელიც ოავსდება 50–100 კგ-იან კასრებში (ტუბებში) ან იფუოება პოლიმერულ ვაკუუმფორმებში. თითო ყველის მასა შეფუთულია 20 კგ-მდე ბლოკებად ან 7–10 კგ-იანი ბატონების სახით.

**ცხიმიანი ყველის** მასა ჩედარიზებულია 30–40 % ცხიმის შემცველობით. დაპრესილი ყველის მასა იფუოება 20 კგ-იან ვაკუუმპოლიმერულ ბლოკებად ან 7–10 კგ-იან ბატონებად.

**მოუმწიფებელი ყველი** უმარილო პოლანდიური ტიპის ყველია 30–40 % ცხიმიანობით, რომელიც იფუოება 5–6 კგ-იანი ბლოკების სახით. ასეთი ყველის დამზადების ბიოგექნოლოგიური მახასიათებლებია: რძის მაღალი სიმწიფე; მჟავიანობა – 21–23 °T და მეტი; საჭიროა რძის შედგენილობის მჟავა-მარილით კორექცია, როდესაც ბაქტერიული კვეთის მაღალი დოზა (2–4) შეჰყავთ პასტერიზებულ რძეში. რძის შედგენება ხორციელდება 36–38 °C ტემპერატურაზე 15–25 წთ-ის განმავლობაში. შესადედებლად გამოიყენება რძის კვეთის ფერმენტი ჩვეულებრივი დოზით. მიღებული მასა ქუცმაცდება 4–6 მმ-იან ნაწილებად. მასის მეორეული გაცხელება-დამუშავება მიმდინარეობს 48–50 °C ტემპერატურაზე 50–60 წთ-ის განმავლობაში. ამის შემდეგ ხორციელდება ყველის მასის ჩედარიზაცია, შრატისაგან გათავისუფლება (30–60 წთ). გამოშვებული შრატის მჟავიანობაა 40–50 °T. მასის დაქუცმაცება ხდება მარილების ხსნარის (ნატრიუმის ქლორიდი – 2 %, დინატრიუმის ფოსფატი – 3–4 %) შერევით. მარილების დამატების შემდეგ მასის მჟავიანობაა 5,8 °T. მიღებული მასა ფორმირდება და იტკეპნება კასრებში, ყუთებში ან შავ პოლიმერულ პარკებში (თითოეული 10-დან 100 კგ-მდეა). მწიფდება 15–20 დღის განმავლობაში 18–20 °C ტემპერატურაზე.

**რძემჟავა (ფერმენტირებული რძის) ყველი** მზადდება ყველა სახეობის რძისაგან ან მათი ნარევისაგან. ფერმენტირებული რძის ყველის დამზადების ტექნოლოგია ხაჭოს დამზადების ტექნოლოგიის მსგავსია. კოაგულაცია ტარდება რძემჟავა სტრეპტოკოკებით, 30–32 °C ტემპერატურაზე კალციუმის ქლორიდის დამატებით. ბაქტერიული კვეთის შეტანიდან 1,5 – 2 სთის შემდეგ ემატება მაჭიკის ფერმენტის წყალსხნარი (1 გ 1 ტ რძეზე). კოაგულაციის ხანგრძლივობაა 6–9 სთ. პირველი 2 სთ-ის შემდეგ მასის დალექციის თავიდან ასაცილებლად რძეს ურევენ ყოველ 30 წთ-ში. მზა მასის მჟავიანობაა 70 –75 °T, კოაგულაციის ხანგრძლივობა – 6–8 სთ.

მიღებულ მასას ჭრიან და 10–15 წთ-ს აჩერებენ ამ მდგომარეობაში. ამის შემდეგ თვითგამოწურვისათვის 1,5–2 სთ-ით გადააქვთ საცერში, სადაც ყველის მასა 2 სთ-ის განმავლობაში იწევება 0,1–0,15 მგგპა წნევის ქვეშ. საწენები ოთახის ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 8 °C-ს.

**წათხის ყველი** („კობის ყველი“, „ჩანახი“ და „თუშური გუდა“) მზადდება სხვადასხვა პირუტყვის პასტერიზებული რძისაგან ნებისმიერი თანაფარდობით. რძის შედედება და კოლტის დამუშავება ბრინზის დამზადების ტექნოლოგიის მსგავსია. ყველაზე მეტად განსხვავებულია „თუშური გუდას“ დამზადების ტექნოლოგია.

თუშური გუდის ყველი მზადდება ცხვრის რძის, ძროხის რძისა და ცხვარ-ძროხის რძის ნაზავისაგან (50-50 %). ნამდვილი გუდის ყველი მზადდება უმაღლესი ხარისხის ცხიმმოუხდელი ნედლი რძისაგან. ყველის უნიკალურობას, პირველ რიგში, მაღალი ხარისხის რძე

განაპირობებს. ასეთ რძეს კი იძლევა თუშეთის აღმზურ იალაღებზე მობალახე ქართული ჯიშები – თუშერი ცხვარი და თუშერი ძროხა.

უკელის მომწიფება ხდება ცხვრის ან ხბოს ტყავისაგან დამზადებულ გუდაში, რომელსაც გაპარსული ბეჭვი გუდის შიგა მხარეს აქვს მოქცეული.

არსებობს წათხის უკელის ფართო ასორტიმენტი. ზოგიერთი მათგანის ძირითადი მაჩვენებლები მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

## ცხრილი 1

### კავკასიის რეგიონში დამზადებული წათხის უკელის ძირითადი მაჩვენებლები

უკელის დასახელება	თავის ფორმა	თავის მასა, კბ	მომწიფების ვადა, დღე-დამე
ბრინზა	ძელისებრი	1-1.5	20 ან 60
ოსური ნედლი	ცილინდრული	4-7	5-6
ოსური მომწიფებული	ცილინდრული	4-7	60
ჩანახი, თუშერი, კობი	ორი წაკვეთილი კონუსი	4-6	60
იმერული	მომრგვალებულკიდებიანი, დაბალცილინდრული, ძელისებრი	1-1.5	3-5
სულგუნი	ბრტყელი	0.5-1.5	1-5

მარილწყალში უკელის დამზადების ტექნოლოგია ერთ-ერთი უკელაზე მარტივია, რადგან დამარილება, მომწიფება და შენახვა ძირითადად კონცენტრირებულ ხსნარში ხდება. ამასთან, მათი მოვლის ხარჯები მინიმალურია. აღსანიშნავია, რომ რამდენიმე მათგანს მარილწყალში დამარილების შემდეგ კიდევ ამწიფებენ.

თუშერი გუდის უკელის განსაკუთრებულობა და მაღალი ხარისხი არ არის დამოკიდებული მხელოდ დამზადების ტრადიციულ ტექნოლოგიასა და მაღალი ხარისხის ნედლებულზე, არამედ ამ პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უკავია გარემო პირობებსა და გეოგაფიულ არეალს. თუშეთი ის ადგილია, სადაც გუდის უკელის დამზადებას მრავალსაუკუნოვანი ისტორია აქვს და გუდის უკელის დამზადების გამოცდილი ტექნოლოგიაც ადგილობრივი მოსახლეობის კულტურის ნაწილად და ერთ-ერთ მთავარ საქმიანობადაა ქცეული.

ნამდვილი თუშერი გუდის უკელის დამზადება რძის გაწურვის ეტაპიდანვე განსაკუთრებულია. რძე იფილტრება სპეციალურ საწურ ბადეში ჩაფენილი სხვადასხვა სამკურნალო ბალახეულით (ჭინჭარი, ჭინჭრისდედა, ვაციწვერა). გაწურვის შემდეგ რძეს ურევენ უკელის შემდევებელ კვეთს და სითბოს შესანარჩუნებლად რძიან ჭურჭელს აფარებენ ნაბადეს. 1 სო-ის შემდეგ უამა შედედებულ მასას ხელმეორედ ურევენ, დაშლიან და კიდევ ათბუნებენ ნაბდით ნახევარი საათის განმავლობაში. ამის შემდგომ ამოწურავენ ჭურჭელში ჩამდგარ სითხეს (შრატს), დარჩენილ რძილ უკელის კი დაჭრიან და ჩადებენ სპეციალურ ტილოს ტომარაში, რის საშუალებითაც უკელი კარგად იწურება და ცილინდრულ ფორმას დებულობს. ტილოში გადახვეულ, გამოყვანილ უკელის თავებს დებენ საყველე ფიცარზე და აფარებენ ნაბადეს, 2 სო-ის შემდეგ კი 4-5 თავ უკელის ათავსებენ წინასწარ გამზადებულ გუდაში და მათ შორის ფენებად ჟრიან მარილს. უკელის გუდა გადასჭირდება საყველე ოთახში და სითბოს შესანარჩუნებლად 2 დღე ტოვებენ ნაბადგადაფარებულს. იმისათვის, რომ ახალ უკელის მარილი თანაბრად გაუჯდეს, გუდას რამდენიმე დღის განმავლობაში დღეში 3-ჯერ აბრუნებენ და უცვლიან ფორმას. უკელის გადის გუდაში მომწიფების მინიმუმ სამოცდლიან პერიოდს და მხელოდ ამის შემდეგ არის მზად სარეალიზაციოდ.

ისტორიულ-ეთნოგრაფიული წყაროების მიხედვით თუშური გუდის ყველის რეალიზაცია არა მარტო ამიერკავკასიაში, არამედ რუსეთის დიდი ქალაქების ბაზებზეც ხდებოდა და მთელ კავკასიაში ცნობილი იყო, როგორც საუკეთესო ხარისხის ყველი.

ადსანიშნავია, რომ თუშური ყველი მზადდება მხოლოდ თუშეთში და მისი სტანდარტები შემუშავებული და დაცულია საქაბერძის მიერ, რეგისტრაციის ნომრით: 1583/07 (<http://www.guda.ge/geo/static/82/gudis-kveli>).

**მეგრული სულგუნი** მზადდება ძროხის, კამების, თხის რძის ან მათი ნარევისაგან. დაბალი ცილინდრული ფორმის უქერქო ყველის დიამეტრი 15–20 სმ-ია, სიმაღლე – 2.5–3.5 სმ, მასა – 0.5–1.5 კგ. გამონაკლისის სახით დასაშვებია პარამეტრებიდან გადახრა. აქვს ამ ტიპის ყველისათვის დამახასიათებელი სასიამოვნო სუნი და გემო. ზომიერად მარილიანი, მკვრივი, ელასტიკური ფენოვანი მასის ფერი თეთრი ან მოყვითალოა. არა აქვს ნასვრეტები (დასაშვებია ფენებს შორის სიცარიელე). რძე, რომლითაც მზადდება „მეგრული სულგუნი“, უნდა აკმაყოფილებდეს მე-2 ცხრილში მოცემულ მოთხოვნებს.

## ცხრილი 2

### რძის მონაცემები, რომლის მიხედვითაც მზადდება „მეგრული სულგუნი“

რძის წარმომავლობა	პუთრი მასა, კგ არანაკლებ	უცხიმო მშრალი ნივთიერების შემცველობა, % არანაკლებ	ცხიმიანობა, % არანაკლებ	მეავიანობა, °T არაუმჯეტეს
ძროხის	1.027	8.1	3.6	23
კამების	1.034	10.5	6.5	25
თხის	1.030	8.3	3.6	23
ნარევი	1.030	9.3	4.2	24

მეგრული სულგუნის წარმოების გეოგრაფიული არეალია ძირითადად სამეგრელოს რეგიონი (მარტვილის, სენაკის აბაშის, ხობის, ზუგდიდის, წალენჯიხისა და ჩხოროწყუს მუნიციპალიტეტები, ფოთის აღმინისტრაციული ტერიტორია), ასევე გალისა და ოჩამჩირის მუნიციპალიტეტები.

პროდუქციის დამზადების მეთოდი: რძის შეკვეთა ხდება 30–35 °C ტემპერატურაზე. წარმოქმნილ დელამოს ჭრიან, განმეორებით აცხელებენ 34–37 °C ტემპერატურამდე, აცილებენ შრატის 70–80 %-ს, ყველის მარცვლებს ფრთხილად აერთგვაროვნებენ და ტოვებენ მოსამწიფებლად 140–150 °T მეავიანობის მიღებამდე. მომწიფებულ ყველს ჭრიან თხელ ფენებად, ათავსებენ 75–80 °C ტემპერატურამდე გაცხელებულ წყალში და ურევენ მანამ, სანამ არ მიიღებენ ერთგვაროვან წელვად ცომისებრ მასას. ეს მასა ამოაქთ სითხიდან, ჭრიან გარკვეული ზომის ნაჭრებად, საგულდაგულოდ აგუნდავებენ, საჭირო ფორმის მისაღებად ათავსებენ ყალიბებში, აგრილებენ და დაყალიბებულ სულგუნს აწყობენ მარილწყალში, რომლის კონცენტრაციაა 17–19 %, ტემპერატურა – 8–12 °C. ყველის რეალიზაცია დასაშვებია 24 სთ-ის შემდეგ.

ადსანიშნავია, რომ სასულგუნე ყველი იხარშება 2-ჯერ, რაც განასხვავებს მეგრულ სულგუნს სხვა სულგუნების დამზადების ტექნოლოგიისაგან, კერძოდ, ყველი გამოდის ნაკლებცხიმიანი. დამარილებისას მარილს დებულობს ზომიერად, ფენოვანია (ფურცლოვანი), რითაც ფასდება მისი ხარისხი.

სამეგრელოში გადაზისაცვლილი ყველისაგან დღემდე ამზადებენ დაწნულ სულგუნს, აკეთებენ პატარ-პატარა ფრინველებისა და ცხოველების გამოსახულებებს მიცვალებულთა სულების მოსახულისაგან. ეს ტრადიცია სამეგრელოში უძველესი დროიდან მოდის.

**არატრადიციული სულგუნი „ქიზიყურის“** დასამზადებლად გამოიყენება ძროხის სეპარირებული რძით (40 %) შეზავებული საღი თხის რძე (60 %). შესაკვეთად მომზადებული (შეზავებული) რძის ტემპერატურა უნდა იყოს 37–40 °C. 1.5–2 % მაჭიკის კვეთის დამატებისას რძეს ურევენ. შეკვეთის პროცესი გრძელდება 25–30 წთ-ს. როდესაც მიღებული მასა მიაღწევს ერთგვაროვან, მკვრივ კონსისტენციას, მას იმავე ჭურჭელში აქცემაცებენ და გადააქვთ მტკიცე (ბიაზის) ტომარაში, სადაც იწურება 30–35 წთ-ის განმავლობაში. შრატისაგან თანაბრად გათავისუფლების მიზნით ტომარას 7-8-ჯერ შეანჯღრევენ, უცვლიან გვერდს და წნევენ ტომარის თავისუფალი გვერდის დაგრეხით. ამის შემდეგ ტომარაში არსებული მასა გადააქვთ ყალიბში, სადაც მწიფდება 12–18 °C ტემპერატურაზე 6–8 სთ-ის განმავლობაში და მიიღება პირველადი „ჭყინტი“ ყველი, რომელიც თხლად უნდა დაიჭრას და ჩაიხარშოს 90–95 °C ტემპერატურის მქონე სუფთა წყალში. წყლიანი ჭურჭელი უნდა იდგეს ცეცხლზე საწყისი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად. ასეთ ტემპერატურაზე ჩახარშული ყველის მასა 3–6 წთ-ში უნდა გადაიზილოს ერთგვაროვან თავისუფლად წელვადი კონსისტენციის მასად და მაქსიმალურად გამოიდევნოს მასში არსებული შრატი. მომზადებული სასულგუნე მასა იდგება ყალიბში ნაჭდევების მხრიდან და მწიფდება 14–18 °C ტემპერატურაზე 6–8 სთ-ის განმავლობაში. ყალიბიდან ამოღების შემდეგ ყველის მომწიფება გრძელდება 20–22 %-იან NaCl-ის ხსნარში 20–25 °C ტემპერატურაზე. 14–16 სთ-ის შემდეგ მარილწყალში მომწიფებული სულგუნი „ქიზიყური“ მზადას რეალიზაციისათვის. ხანგრძლივი შენახვის მიზნით იგი შეიძლება შეიბოლოს ან მოთავსდეს 20 %-იან NaCl-ის ხსნარში. ორივე შემთხვევაში ყველი ხმარებისას უნდა გადაირეცხოს 15–20 °C ტემპერატურის მქონე სუფთა წყლით.

**არატრადიციული სულგუნი „ლლილვა“** მზადდება ძროხის სეპარირებული და ცხვრის საღი რძისაგან (ნაზავის შეფარდება – 50-50 %). ნაზავი რძე უნდა შეთბეს 32–35 °C ტემპერატურამდე. შეთბობისას საჭიროა რძის 2-3-ჯერ მორევა. სასულგელი ტემპერატურის მიღბისას რძის შეკვეთა ხდება მაჭიკის კვეთით. შეკვეთილი მასის ამოყვანა და დაწესება ისევე მიმდინარეობს, როგორც სულგუნი „ქიზიყურის“ დამზადებისას. ასეთი წესით მიღებული მასა იდგება ყალიბში, სადაც მწიფდება 8–10 სთ-ის განმავლობაში არანაკლებ 15 °C ჰაერის ტემპერატურაზე. ასე მიიღება ჭყინტი ყველი, რომელიც იქრება თხელ ნაჭრებად და იხარშება 80–85 °C ტემპერატურის მქონე სუფთა წყალში. წყლიანი ჭურჭელი უნდა იდგეს ცეცხლზე (ტემპერატურის შენარჩუნებისათვის). წყალი ოდნავ უნდა ფარავდეს სასულგუნე მასას, რომელიც უნდა გადაიზილოს 5–10 წთ-ის განმავლობაში თანაბარი, ერთგვაროვანი, თავისუფლად წელვადი მასის მიღებამდე. წყლიდან ამოღების შემდეგ მიღებული მასა უნდა გადაიზილოს ტრადიციული სულგუნის დამზადების ტექნოლოგიის შესაბამისად. ამგვარად შემზადებული სასულგუნე მასა იდგება ყალიბში ჯერ ნაპრალებით ქვემოთ და შემდეგ უნდა ამოტრიალდეს. ყველის მომწიფდება მიმდინარეობს 10–12 სთ-ის განმავლობაში 14–18 °C ტემპერატურის პირობებში.

ზემოთ განხილული სახეობების გარდა, სამეგრელოს რეგიონში ტრადიციულად ნედლი სასულგუნე მასის საფუძველზე მზადდება ყველის მხგავსი პროდუქტი, რომლის წარმოებისთვისაც გამოიყენება სხვადასხვა არომატული და სამკურნალო მცენარეები. მაგალითად, არომატიანი ყველის მიღების მიზნით ყველიან დერგებში დებენ ტარხუნის ან პიტჩის კონკეს. გურიაში კი ყველის აფუქებისათვის ზამთრობით დერგში დოლბანდში გამოკრულ ხორბალს ათავსებენ.

**გებულია** მეგრული კერძია და რძეში ჩადებულს ნიშნავს. საგულისხმოა ის ფაქტი, რომ სიტყვა რძე და მზე მეგრულად ერთნაირად გამოითქმის. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ამ კერძს საქონალური დანიშნულება ჰქონდა და რიტუალურ სუფრაზე გამოიყენებოდა. გებ-

ქალიას ტრადიციულად მრგვალი ფორმა აქვს და მზეს განასახიერებს, თუმცა სხვა ფორმითაც ამზადებენ. მის დასამზადებლად გამოიყენება 500 გ სასულგუნი ყველი ან ახალი ამოჟვანილი უმარილო სულგუნი, 1 ლ რძე, 1 კონა (საშუალო ზომის) პიტნა, ცოტა (მწიკვი) ქონდარი, წიწაკა და მარილი გემოვნებით.

კარგად დანაყილ პიტნას, წიწაკასა და მარილს ურევენ ქონდარს. მიიღება კრემისებრი მასა. ფართოპირიან ქვაბში ათბობენ რძეს (არ უნდა ადუდებს) და მასში აწყობენ 0.5 სისქის ფერებად დაჭრილ ყველს ისე, რომ არ გაიშალოს. 3-5 წო-ის დეკონების შემდეგ კოვზით მოსინჯავენ: თუ ყველი გაიწელა, ამოილებენ ლითონის ლანგარზე და ხელით ოდნავ გადაზილავენ, რათა ერთგვაროვანი, მკვრივი მასა მიიღონ; აბრტყელებენ 0.5 სმ სისქეზე და უსვამენ წინასწარ მომზადებულ შიგთავსს, შემდეგ ყველა ფერის გადაკეცვენ სიგრძეზე და, როცა შეგრილდება, ჭრიან სამკუთხედებად. წვენს, რომელსაც ყველის მასა გაუშვებს გაბრტყელებისას, აგროვებენ ჯამში. ამის შემდეგ ქვაბში დარჩენილ რძეს ძალიან დაბალ ცეცხლზე ადუდებენ 1/3-ით შემცირებამდე და უმატებენ ჯამში მოგროვილ სითხეს. დაჭრილ გებეჟალიას აწყობენ ჭურჭელში და ასხამენ მომზადებულ წვენს. გებეჟალია მირთმევამდე კარგად უნდა გაცივდეს. მომჟავო გემოს მოყვარულებს შეუძლიათ გებეჟალიის წვენს დაუმატონ მაწონი, გათქვევილი ნადუღი ან ამ წვენის ნაცვლად გამოიყენონ მაღალპროცენტიანი ნაღვები. წვენში შესაძლებელია გულსართის სანელებლების დამატებაც.

**ფუჩხოლია** ტრადიციული მეგრული კერძია. მის დასამზადებლად გამოიყენება შემდეგი ინგრედიენტები: 500 გ ღერღილი, 100 გ სიმინდის ფქვილი, 500 გ სულგუნი, 200 გ შებოლილი სულგუნი, 150 გ სულგუნის ჩხირები, 350 გ ნაღული, 100 გ პიტნა, 50 გ ქინძი, 150 გ ნიგოზი, 10 გ ხელი ქინძი, 10 გ უცხო სუნელი, 10 გ ყვითელი ყვავილი, 5 გ ძირა, 4 კბილი ნიორი, 50 გ წითელი აჟიკა, 5 გ დაღვრღილი წიწაკა, 300 გ ჭარხალი, 300 გ სტაფილო, 30 გ ვარდისფერი მარილი.

თავდაპირველად მზადდება ღომი: გარეცხილ ღერღილს ყრიან ღიდ ქვაბში და ასხამენ იმდენ წყალს, რომ ქვაბი ნახევრამდე აიგხოს. ადუდებულისას წყლის ზედაპირზე მოქცეული ღერღილი უნდა მოშორდეს (მოიქაფოს) და იხარშოს სქელი ფაფის მიღებამდე. შემდეგ უნდა დაემატოს სიმინდის ფქვილი და გაგრძელდეს ხარშვა ღერღილის დარბილებამდე.

მომდევნო საფეხურზე ნადუღში ურევენ პიტნის ფორმებს, ქინძს, გახეხილ შებოლილ სულგუნს და ყოფენ ბურთულებად. სულგუნის ჩხირებს ურევენ აჯიკას. სუნელებთან და ნიორთან ერთად დაბლედერებულ ნიგოზს ასხამენ მცირე რაოდენობის მდუღარე წყალს იმისათვის, რომ ნიგოზმა მიიღოს თეთრი ფერი. მიღებულ სქელ მასას ამატებენ მარილს გემოვნებით და გახეხილ სტაფილოს. მოხარშულ გახეხილ ჭარხალს კი ამატებენ პიტნას. ამის შემდეგ სულგუნს ჭრიან ნაჭრებად და ყრიან ცხელ წყალში. დარბილებული ყველის ერთ ნაწილს ურევენ შეზავებულ სტაფილოს, ხოლო მეორე ნაწილს – შეზავებულ ჭარხალს. ორივე მასას ახვევენ ერთმანეთში და ჭრიან 2 სმ-ის სისქეზე.

## დასკვნა

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაძლებელია მსჯელობა ტრადიციული და არატრადიციული მაღალხარისხიანი ყველის წარმოების შესაძლებლობაზე როგორც საქართველოში, ისე მთლიანად ამიერკავკასიის რეგიონში. თანამედროვე ბაზრის საჭიროების, თხისა და ცხვრის ყველის წარმოების მოწინავე მსოფლიო გამოცდილების გაანალიზებით და მათი შედარებით კავკასიაში მიღებულ ტრადიციულ ტექნოლოგიებთან, შეიძლება შემდეგი დასკვნების გაკეთება:

- ზაფხულის (ალპური) და ზამთრის (დაბლობ) საძოვრების გეოკლიმატური პირობების გათვალისწინებით საქართველოს აქვს რეალური შესაძლებლობა მიიღოს ეკოლოგიურად სუფთა და მაღალი ხარისხის ნედლეული (რძე) თხისა და ცხვრის ყველის წარმოებისათვის;
- თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით თხისა და ცხვრის ყველის მცირე და საშუალო წარმოების პირობებში შესაძლებელია როგორც ტრადიციული, ისე ახალი (არატრადიციული) მაღალკონკურენტურიანი ყველის წარმოება ექსპორტისათვის, რაც სტიმულს მისცემს მათ შექმნასა და წარმოებას;
- ძალიან პერსპექტიული იქნება თხისა და ცხვრის ყველის მარკეტინგის რეკლამირებისა და გაყიდვის ერთიანი ქსელის ორგანიზება და ერთიანი საგაჭრო ბრენდის შექმნა როგორც საქართველოში, ასევე მთელ ამიერკავკასიაში.

#### **ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. ვ. ღლილვაშვილი. არატრადიციული, ეკოლოგიურად სუფთა, სულგუნ „ღლილვას“ დამზადების ტექნოლოგია//ზოოტექნიკურ-სავეტერინარო უნივერსიტეტის შრომათა კრებული ტ. 62, თბ., 2003.
2. ვ. ღლილვაშვილი. არატრადიციული, ეკოლოგიურად სუფთა სულგუნი „ქიზიურის“ დამზადების ტექნოლოგია//ზოოტექნიკურ-სავეტერინარო უნივერსიტეტის შრომათა კრებული, ტ. 62, თბ., 2003, გვ. 95-99.
3. ზ. ცხვედაძე, ვ. ღლილვაშვილი. სიახლე ყველის დამზადების ტექნოლოგიაში//აგრარული მეცნიერების პრობლემები. სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XXXXI, თბ., 2007, გვ. 146-147.
4. Савелев А. А., Сорокин М. Ю., Шнейдер Л. К., Крышин А. Т. Некоторые аспекты повышения качества и выхода сыра. Сыроделие и маслоделие, №1, 2002.
5. A. Madadlou, A. Khosroshahi and M. E. Mousavi. Rhtology, Microstructure and Functionality of Low-Fat Iranian White Cheese Made with Different Concentrations of Rennet//J. Dairy Sci. 1, September, 2005.
6. McGee, Harold. "Cheese", On Food and Cooking, Revised Edition, Scribner, 2004, pp. 51-63.
7. M. E. Jonson and J. A. Lucey. Major Technological Advances and Trends in Cheese//J. Dairy Sci, 1, April, 2006.
8. R. Kapoor, L. E. Metzger, A. C. Biswas and K. Muthukumarappan. Effect of Natural Cheese Characteristics on Prececc Properties//J. Dairy Sci, 1, April, 2007.

**SOME PECULIARITIES OF MAKING GOAT AND SHEEP CHEESES IN GEORGIA  
AND THE USE OF HERBAL SUPPLEMENTS**

**V. Ghelighvashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The technological aspects for producing different types of goat and sheep cheese is discussed. Soft cheese, crustless cheese, quick-ripening cheese, Dutch-type acceleratedly ripened and unripe cheese, fast-ripened 40 % fat cheese, unripened cheese and etc. is described. The features of goat and sheep cheeses are compared with existing traditional technologies in the Caucasus. The authors conclude that the Transcaucasian states have a real opportunity to obtain environmentally friendly and high quality raw materials (milk) for the production of goat and sheep cheese in small and medium production conditions. These countries, as well as Georgia, can export both traditional and new (non-traditional) highly competitive cheeses, which gives impetus to their creation and production.

**Keywords:** cheese; herbal supplements; production; technology.

## არატრადიციული საპვები დანამატი

### გულნაზ კაიშაური, ნანული ხოსროშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოტექნოლოგიის ცენტრი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამრეწველო ბიოექოლოგიის ს/ს ცენტრი)

**რეზიუმე:** განხილულია ყურძნის გადამუშავების ნარჩენის, კერძოდ წიაღის ქიმიური შედგენილობა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. მოცემულია მისი სასარგებლო და სამკურნალო თვისებები.

ჩატარებული კვლევების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ წიაღია წარმოადგენს საუკეთესო ნედლეულს მაღალი ანტიოქსიდანტური მოქმედების პრეპარატებისა და საკვები პროდუქტების (დანამატების) დასამზადებლად.

**საკვანძო სიტყვები:** ანტიოქსიდანტური აქტიურობა; საკვები დანამატი; ქიმიური შედგენილობა; ყურძნის გადამუშავების ნარჩენები; ყურძნის წიაღია.

### შესავალი

კვება ადამიანის ცხოვრებაში მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. საკვებთან ერთად ორგანიზმი დებულობს ყველა აუცილებელ ნივთიერებას, რომელიც თავიანთ თვისებებსა და შედგენილობაზე დამოკიდებულების მიხედვით ადამიანის ჯანმრთელობაზე სხვადასხვა-გარად აისახება. ბოლო წლებში ბევრ ქვეყანაში შეინიშნება ჯანსაღი კვებისაგან გადახვევა რაციონში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წილის შემცირების გამო.

### ძირითადი ნაწილი

კვების პროცესების გასამდიდრებლად სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება მცვნარუ-შელი დანამატები, რომლებიც შეიცავს გარკვეული რაოდენობის ანტიოქსიდანტური მოქ-მედების ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს. ეს ნივთიერებები ანელებს ან თავიდან გვა-შორებს ორგანული ნაერთების დაჟანგვას და ამით ორგანიზმს იცავს თავისუფალი რადი-კალების ნებატიური ზემოქმედებისაგან, მასტიმულირებლად მოქმედებს ასკორბინის მჟავაზე და მათი ერთობლიობა აძლიერებს პროფილაქტიკურ უფექტს, ხელს უშლის ათერო-სკლეროზის, გულსისხლძარღვთა დაავადებების განვითარებას და სხვ. [1, 2].

ამ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ფენოლები. დადგენილია, რომ ყურძნის წიაღიაში ფენო-ლური ნაერთები 60–70 %-მდეა. ისინი აქვეითებენ იმ ფერმენტების აქტიურობას, რომლებიც მონაწილეობს თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნაში.

ბუნებრივი ფენოლური ნაერთების საკმაოდ მრავალრიცხოვანი კლასია ფლავონოიდები. მათთვის დამახასიათებელია სტრუქტურული მრავალფეროვნება, მაღალი და ყოველმხრივი აქტიურობა და დაბალი ტრექსიკურობა [3].

ფლავონოიდების პერსპექტიულ და ხელმისაწვდომ წყაროს წარმოადგენს ყურძენი და მისი გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტები. წიპრისა და კანის ბიოფლავონოიდები და მათ შორის რესვერატროლი ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით გამოირჩევა და დაახლოებით 50-ჯერ აჭარბებს ანტიოქსიდანტ E ვიტამინს და დაახლოებით 20-ჯერ – C ვიტამინს [4]. წიპრის ბიოფლავონოიდები ავსებს E, A და C ვიტამინების ანტიოქსიდანტურ მოქმედებას. მეცნიერულად დასაბუთებულია, რომ ყურძნის წიპრის პრეპარატების რეგულარულად გამოყენება ამცირებს ტვინის უჯრედების სიკვდილს (ალცენიზმერის დაავადების დროს), ზრდის იმუნიტეტს, ამაღლებს ცხოვრების ტონუსს [5, 6].

ყურძენი საშუალო შედგება: 6,5 – 10,5 % კანის, 87–91 % რბილობისა და 2–5 % წიპრისაგან; ყურძნის დვინოდ გადამუშავების შემდეგ მიიღება ნარჩენები (20 %), რომლებშიც 1–7 % კლერტი, 3–4 % წიპრა, 10–14 % ნაწნეხი და 2,5–6 % საფუვრის ლექია [7].



### ყურძნის წიპრა

ყურძნის წიპრა შეიცავს 6–7 % წყალს, 5–7 % მთრიმლავ ნივთიერებას, 35–45 % პოლი-საქარიდებს, 11–16 % ცხიმს, 10–14 % ცილას (N X 6,25), 1,5–3,5 % ნაცარს, მაკრო- და მიკროელემენტებს, ვიტამინებს, ნატურალურ ქლოროფილს, ანტიოქსიდანტებს (პროცენტით), 58–78 % ლინოლის, 12–28 % ოლეინის, 5–10 % პალმიტინის, 3–6 % სტეარინის, 1 % არაქინის მჟავებსა და სხვ. [8].

აღსანიშნავია, რომ ყურძნის თეთრ ჯიშებთან შედარებით წითელი ჯიშები უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს ისეთ ნივთიერებებს, როგორიცაა კოფეინი, თეობრომინი და მთრიმლავი ნივთიერებები (ტანინი). სამაგიეროდ ყურძნის თეთრი ჯიშის წიპრის ლიპიდებში ყურძნის წითელი ჯიშის წიპრის ლიპიდებთან შედარებით ბევრად უფრო მაღალია უჯერი მჟავების ჯამური რაოდენობა [9].

წიპრის ანტიოქსიდანტურ თვისებებს უკავშირებენ ტანინების დიდი რაოდენობით შეცველობას [10]. წიპრაში ჯამური კატექინების შემცველობაა 26,41 მგ/გ მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით, მათ შორის 9,27 (-) გპიკატექინია, 16,47 (+) – კატექინი, 0,67 (-) – გპიკატექინგალატი [11].

100 გ ყურძნის წიპრაში ვიტამინები რეკომენდებულ დღიურ ნორმაზე ნაკლები რაოდენობითაა, თუმცა საკვებში მისი რეგულარული მოხმარების შედეგი საკმაოდ შესამჩნევია.

ვიტამინთაგან წიპრაში უფრო მეტია C ვიტამინი (10,8 მგ/100გ) და B ჯგუფის (6,9 მგ/100გ) ვიტამინები [5].

ვიტამინების მსგავსად წიპრა შეიცავს უმნიშვნელო რაოდენობის მინერალურ ნივთიერებებს. დღეში მისი 100 გ რაოდენობით მოხმარება 13 %-ით უზრუნველყოფს ადამიანის ორგანიზმის მოთხოვნილებას სპილენზე, 8 %-ით – კალიუმზე და 4 %-ით – მანგანუმზე [5].

უურძნის წიპრაში 20 % ცხიმზეთია, რომელიც შეიცავს: ნახევრად უჯერ მჟავებს, ტოკოფეროლებს, სტეროლებს, ფიტოესტროგენებს, ოქსიდუმარინებსა და სხვ., შეიცავს აგრეთვე ვ-კაროტინს, C და E ვიტამინებს, ფოლის მჟავას, მაკრო- (K, Ca, Fe , P) და მიკრო- ელემენტებს (Al, B, Zn, Mn და სხვ.) და სხვა ნაერთებს [5].

წიპრის ნაჯერი ცხიმჟავები ორგანიზმს წმენდს ტოქსინებისაგან, ხოლო ომეგა-6 და ომეგა-9 – წლების განმავლობაში დაგროვილი რადიონუკლიდებისა და მძიმე ლითონების მარილებისაგან [6].

წიპრაში არსებული პროანთოციანიდები ანტიკანცეროგენულ ზემოქმედებას ახდენს სარძევე ჯირკვლის [12], ნაწლავების [13], პირის დრუსა [14] და შარდის ბუშტის [15] კიბოს დროს. იცავს ნერვული ქსოვილის უჯრედებს დაზიანებისაგან ვერცხლისწყლის მეთილის ზემოქმედებისას [16], კანს კი – ულტრაიისფერი სხივებით დასხივებით გამოწვეული იმუნო-სუპრესიისაგან და კანის კიბოსაგან [17], ასევე თირკმლის ქსოვილს პრეპარატ დეოქსიორტიკოსტერონაცეტატით დაზიანებისაგან [18].

წიპრის ოლიგომერული პროანთოციანიდები ორგანიზმზე ახდენს გამოხატულ ანტიოქსიდანტურ, ანთების საწინააღმდეგო, ანტიანგიოგენურ ზემოქმედებას [19]. ეს თვისებები წითელი ყურძნის წიპრაში უფრო მეტად ვლინდება, ვიდრე თეთრი ყურძნის წიპრაში [20].

უურძნის წიპრის ექსტრაქტი ძლიერი ანტიოქსიდანტია, იგი შეიცავს 95 % პროციანი- დებს. მისი მიღება დაზიანებისაგან იცავს თირკმელებს [21], ანადგურებს ფილტვების წვრილუჯრედოვანი კიბოს უჯრედებს [22].

წიპრის სპირტულსხარიან ექსტრაქტებს იყენებენ ისეთი სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებლად, როგორიცაა „გრეიიფ სიდი“ (Nature's Plus, აშშ), „პიკნოგენოლი“ (Irwin Naturals, აშშ), „ენდოტელინი“ (Sanofi, საფრანგეთი) და სხვ. გარდა ამისა, მას იყენებენ საკვებდანამატების („გრაპესიდი“, „ნესტლინი“ და სხვ.) სახითაც [23].

არანაკლები სასარგებლო თვისებები აქვს წიპრის ზეთს. იგი საუკეთესო საშუალებაა ანთების საწინააღმდეგოდ და ჭრილობის შესახორცებლად [24]. ამასთან, მას შეუძლია ორგანიზმზე მოახდინოს ჰიპოქოლესტერინული, კარდიოპროტექტორული, პემოპრევენციული [25], ანტიორომბოზული [26] ზემოქმედება.

ანტიოქსიდანტური თვისებების გამო ყურძნის წიპრა პერსპექტიულია კვების მრეწველობაში გამოსაყენებლადაც. მისგან ამზადებენ: ფქვილს, ექსტრაქტებს (გამოიყენება წვენების, გამაგრილებელი უალკოჰოლო და ალკოჰოლიანი სასმელების შესაქმნელად), ფქვილოვან ნაწარმს (საკონდიტორ მრეწველობაში). კვების მრეწველობაში წიპრის ზეთს იყენებენ: მაიონეზში, ცხობისას, სალათებზე მოსასხმელად; წიპრისაგან დებულობენ ენობანინსაც.

ასეთი დადებითი თვისებების მიუხედავად, ყურძნის წიპრას უკუჩენებაც აქვს კუჭნაწლავით დააგადებულთათვის. მან შეიძლება გამოიწვიოს ალერგია და დიდი რაოდენობით მოხმარებამ – ბრმანაწლავის პროცენტება.

## დასკვნა

ჩატარებული კვლევების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია ითქვას, რომ წიგწა წარმოადგენს საუკეთესო ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეულს მაღალი ანტიოქსიდანტური მოქმედების პრეპარატებისა და საკვები პროდუქტების (დანამატების) დასამზადებლად.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. J. A. Larrauri, C. Sanchez -Moreno, P. Ruperez, F. Saura-Calixto. Free radical scavenging capacity in the aging of selected red spanish wines //J. Agr. and Food Chem. 47. №4. 1999, pp. 1603 - 1606.
2. J. E. Kinsella, E. Frankel, B. German, J. Kanner. Possible mechanism for the protective role of antioxidants in wine and plant food. Food Technol. April: 1993. pp. 85 - 88.
3. Корулькин Д. Ю., Абилов Ж. А., Толстиков Г. А. Природные флаваноиды. Новосибирск: Наука, 2007. - 296 с.
4. თ. ღვინიანიძე, დ. ბოთერა, ლ. მამრიკიშვილი. ფერადი ყურძნის უწამლი კლონებიდან ლიქიორული ტიპის წითელი ბიოლგინოვების წარმოების პრობლემები და პერსპექტივები//საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „გვების პროდუქტების წარმოების აქტუალური პრობლემები და თანამედროვე ტექნოლოგიები“. ქუთაისი, 12-13 ივნისი, 2014, გვ. 311-316.
5. <https://poferme.com/vinograd/polza-i-vred/kostochki.html>
6. <http://findfood.ru/product/vinogradnye-kostochki>
7. გ. ბადათურია. ღვინის მრეწველობის მეორეული ნედლეულის რესურსები და მათი უტილიზაციის თანამედროვე ტექნოლოგიები//მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1 (735). თბ., 2021, გვ. 99-107.
8. გ. კაიშაური, ნ. ხოსროშვილი. სასმელი არატრადიციული ნედლეულის ფუძეზე //საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, №2 (42). თბ., 2019, გვ. 101-103.
9. Шаззо А. Ю., Мартовщук В. И., Корнен Н. Н., Илларионова В. В. Исследование химического состава виноградных семян с целью использования их в качестве кормовой добавки// Известия ВУЗов. Пищевая технология, N1, 2002.
10. M. C. Figueroa-Espinoza, A. Zafimahova, P. G. Alvarado, E. Dubreucq, C. Poncet-Legrand. Grape seed and apple tannins: emulsifying and antioxidant properties – Food Chem. 178, Jul 1, 2015, pp. 38 - 44.
11. Гелашвили Н., Джмухадзе К. Методы определения катехинов винограда //Виноделие и виноградарство СССР, 1. М., 1981. - 21 с.
12. X. Song, N. Siriwardhana, K. Rathore, D. Lin, H.C. Wang. Grape seed proanthocyanidins suppression of breast cell carcinogenesis induced by chronic exposure to combined 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone and benzo[a]pyrene - Mol. Carcinog., 49 (5), May, 2010, pp. 450 - 463.
13. S. Huang, N. Yang, Y. Liu, J. Gao, T. Huang, L. Hu, J. Zhao, Y. Li, C. Li, X. Zhang. Grape seed proanthocyanidins inhibit colon cancer-induced angiogenesis through suppressing the expression of VEGF and Ang1 - Int.// J. Mol. Med. Dec., 30 (6), 2012, pp. 1410 -1416.
14. C.Y. Yen, M. F. Hou, Z.W. Yang, J. Y. Tang, K. T. Li, H. W. Huang, Y. H. Huang, T. F. Lee Fu, C.Y. Hsieh, B. H. Chen, H. W. Chang. Concentration effects of grape seed extracts in anticancer cells involving differential apoptosis, oxidative stress, and DNA damage- BMC Complement. Altern. Med. Mar., 2015.

15. K. Raina, A. Tyagi, D. Kumar, R. Agarwal, C. Agarwal. Role of oxidative stress in cytotoxicity of grape seed extract in human bladder cancer cells - Food. Chem. Toxicol., 61, 2013, pp. 87 - 195.
16. H. Yang, Z. Xu, W. Liu, Y. Wei, Y. Deng, B. Xu. Effect of grape seed proanthocyanidin extracts on methylmercury-induced neurotoxicity in rats - Biol. Trace Elem. Res. 147 (1 – 3), 2012, pp.156 - 164.
17. S. D. Sharma, S.K. Katiyar. Dietary grape seed proantho-cyanidins inhibit UVB-induce cyclooxygenase-2 expression and other inflammatory mediators in UVB-exposed skin and skin tumors of SKH-1 hairless mice - Pharm. Res. 27 (6) Jun. 2010, pp.1092 - 1102.
18. I. Sfaxi, K. Charradi, F. Limam, M.V. El May, E. Aouani. Grape seed and skin extract protects against arsenic trioxide induced oxidative stress in rat heart - Can.// J. Physiol. Pharmacol. 29 Jul, 2015, pp. 1- 9.
19. M. Hu, D. J. McClements, E. A. Decker. Antioxidant activity of a proanthocyanidin-rich extract, from grape seed in whey protein isolate stabilized algae oil-in-water emulsions//J. Agric. Food Chem. 52 (16), 11Aug., 2004, pp. 5272 - 5276.
20. R. Praphasawat, P. K. lungsupya, T. Muangman, S. Laovithayanggoon, V. Arunpairojana, L. Himakoun. Antimutagenicity and antioxidative DNA damage properties of oligomeric proanthocyanidins from Thai grapeseeds in TK6 cells-Asian. Pac.// J. Cancer. Prev. 12 (5), 2011, pp. 1317 - 1321.
21. J. Safa, H. Argani, B. Bastani, N. Nezami, B. Rahimi Ardebili, A. Ghorbanihaghjo, H. Kalagheichi, A. Amirkirouzi, M. Mesgari, J. Soleimany Rad. Protective effect of grape seed extract on gentamicin-induced acute kidney injury-Iran//J. Kidney Dis. 4 (4), Oct., 2010, pp. 285 - 289.
22. S. D. Sharma, S. M. Meeran, S.K. Katiyar. Proanthocyanidins inhibit in vitro and in vivo growth of human non-small cell lung cancer cells by inhibiting the prostaglandin E (2) and prostaglandin E(2) receptors - Mol. Cancer. Ther. 9(3), Mar., 2010, pp. 569 - 580.
23. ქ. სირბილაძე კომპლექსური მცენარეული რადიოდამცველი საზუალების რეცეპტურის წარმოების ტექნოლოგიური სქემისა და კონტროლის მეთოდების შემუშავება. დისერტაცია. ქუთაისი, 2017.
24. Кароматов И.Д., Абдулхаков И.У. Виноградник, виноград, изюм – применение в медицине (обзор литературы) - Современная наука- общество XXI века. Книга 3, Ставрополь: Логос, глава II. 2016, pp. 35 - 76.
25. J. Raloff. Grape seeds sow cholesterol benefits. Science News, 1991.
26. I. L. Bazan-Salinas, D. Matias-Perez, E. Perez-Campos, L. Perez-Campos Mayoral, I. A. Garcia-Montalvo. Reduction of Platelet Aggregation From Ingestion of Oleic and Linoleic Acids Found in Vitisvinifera and Arachis hypogaea Oils - Am.//J. Ther. 12 Feb., 2015.
27. ფოტომასალა აღებულია ინტერნეტიდან.

**NON-TRADITIONAL FOOD SUPPLEMENT**

**G. Kaishauri, N. Khosroshvili**

(Biotechnological Center of Georgian Technical University, Industrial Bioecotechnology Centre of Georgian Technical University)

**Resume.** The article summarizes the findings made on the analysis of the chemical composition and anti-oxidant activity of the grape seeds as a residue of the grape processing; underlining its good effects for human health.

Based on the analysis of the research it was concluded that grape seed is the best raw material for producing medical and food products (supplements) having high antioxidant effect.

**Keywords:** antioxidant activity; chemical composition; food additive, grape seeds; residue from grape processing.

მართკუთხა ფიგურების მქონე სივრცითი პონსტრუქციების ბაანბარიშება  
რატიოზიზაციის მთოღებით\*

### გასილ ბერუაშვილი

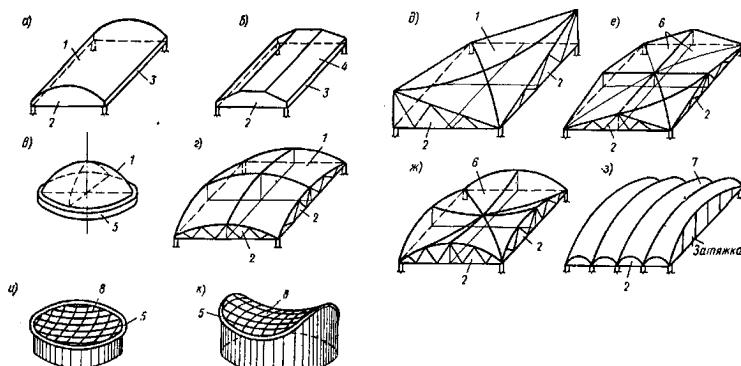
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქუთაისის საერთაშორისო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციები (ფილებისა და გარსების სახით) ფართოდ გამოიყენება მშენებლობაში. თხელკედლიანი სივრცითი გადახურვები განკუთვნილია ძირითადად ანგარებისთვის, სპორტული დარბაზებისთვის, გადახურული ფართომაშტაბიანი სივრცეებისთვის, საგამოფენო პავილიონებისთვის, სადგურებისთვის, საწარმოებისთვის, სამრეწველო შენობებისა და სხვა მსგავსი ნაგებობებისთვის. თხელკედლიანი მართკუთხა წიბოების მქონე კონსტრუქციები ხშირად ისეთ დატვირთვებს განიცდის, რომლის დროსაც გადაადგილებები სისქის არათანაზომადი აღმოჩნდება და გაანგარიშების წრფივი თეორია ვეღარ დააკმაყოფილებს კონსტრუქციების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს. მრგველობის და მშენებლობის შემდგომი განვითარება კი დღის წესრიგში აყენებს ისეთი კონსტრუქციების შექმნის საჭიროებას, რომელთა მიღება შესაძლებელია ფილებისა და გარსების ცალკეული პანელების ერთმანეთთან სახსრულად ან სისტად გარკვეული კუთხით შეერთების გზით.

**საკვანძო სიტყვები:** გაანგარიშება; გადახურვები; თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციები; ოპტიმიზაცია.

### შესავალი

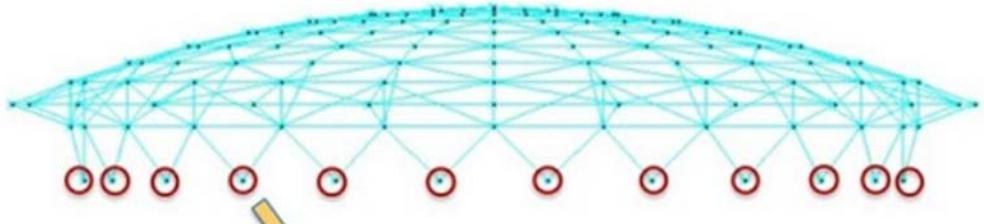
დღეს მშენებლობაში წარმატებით გამოიყენება თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციები ფილებისა და გარსების სახით (ნახ. 1).



ნახ. 1. თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციებით მიღებული გადახურვის ტიპები

\* კვლევა (PHDF-21-3812) განხორციელდა შოთა რესთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ცონძის მხარდაჭერით

სივრცითი გადახურვები ისეთ სისტემებს მიეკუთვნება, რომლებიც შედგება თხელკედლიანი გარსების ან თხელკედლიანი ფირფიტებისგან (ნახ. 2). ეს ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია და მუშაობს, როგორც ერთი მთლიანი სტრუქტურა. თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციებით დამზადებული გადახურვები მთელი რიგი უპირატესობებით სარგებლობს სხვა კონსტრუქციებთან შედარებით. ტექნიკური ლიტერატურის შესწავლის საფუძველზე ცხადი გახდა, რომ აღნიშნული ტიპის კონტრუქცების გამოყენება ეკონომიკურად ბევრად უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე სხვა ტიპის კონსტრუქციებისა.



ნახ. 2 თხელკედლიანი სივრცითი გადახურვის სტრუქტურის მოდელი

თხელკედლიანი სივრცითი გადახურვები გამოიყენება ძირითადად ანგარების, სპორტული დარბაზების, ფართომასშტაბიანი სივრცეების, საგამოფენო პავილიონების, სადგურების, საწარმოების, სამრეწველო შენობებისა და სხვა მსგავსი ნაგებობების გადასახურად, სადაც შეალებული სვეტების დაყენება არასასურველი ან მიუღებელია.

სამშენებლო პრაქტიკაში ასევე გამოიყენება სხვა სახის თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციებიც, რომელთა არჩევა დამოკიდებულია სტრუქტურის დანიშნულებაზე, მის არქიტექტურულ განლაგებაზე, ზომებსა და მშენებლობის მეთოდებზე.

სივრცითი საფრის შემადგენელი კომპონენტებია:

- ოთხმხრივი სივრცითი საყრდენი კონტურის სწორხაზოვანი ელემენტებით;
- მოქნილი ძაფები, რომლებიც ორიენტირებულია საყრდენი კონტურის ერთ-ერთი დიაგონალის პარალელურად და მასზე დამაგრებულია ბოლოებით;
- მართკუთხა სარტყლები, რომლებიც ორიენტირებულია ორი მოპირდაპირე კონტურის ელემენტის პარალელურად და დამაგრებულია მათ ბოლოებზე არსებულ ორ ძირითად ელემენტზე;
- თხელი ფურცლოვანი ფირფიტები და გარსები სივრცითი საფრის სახეებით (გუმბათები, ცილინდრული გარსები, დაკაცილი კონსტრუქციები, ორმაგი სიმრუდის სახურავები კომპოზიტური გარსებით და შეკიდული სახურავები).

თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციებით გადახურვის ტიპის არჩევა დამოკიდებულია შენობის დანიშნულებაზე, მის ზომაზე, მშენებლობის მეთოდებსა და მთელ რიგ სხვა ფაქტორებზე.

### ძირითადი ნაწილი

თხელკედლიანი წყვეტილპარამეტრებიანი მართკუთხა წიბოების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების ეფექტუანობა დაკავშირებულია ახალი საანგარიშო სქემებისა და გამოთვლების მეთოდების დახვეწათან. ცნობილია, რომ ყოველი კონსტრუქციის გამოკვლევა

ემყარება გარკვეულ გამარტივებება-ოპტიმიზაციას, რომლებიც ეხება როგორც გადაადგილებების, ასევე დეფორმაციის ჩაღუნვის სიდიდეებს, მათ შორის დამოკიდებულებას, ძაბვების განაწილების კანონს, სიხისტეს, დატვირთვის მოქმედებასა და სხვ. კონსტრუქციის მუშაობის რეალური პირობების გათვალისწინება მოითხოვს აღნიშნული გამარტივებების კრიტიკულ შეფასებას და ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, თუ ეს აუცილებელია, მათ სრულყოფას.

თხელკედლიანი მართვულია წიბოების მქონე კონსტრუქციები ხშირად განიცდის ისეთ დატვირთვებს, როდესაც გადაადგილებები სისქის არათანაზომადი აღმოჩნდება და გაანგარიშების წრფივი თეორია ვეღარ აქმაყოფილებს ნაგებობებების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს. მრეწველობისა და მშენებლობის შემდგომ განვითარებას სჭირდება ახალი კონსტრუქციების შექმნა, რომელთა მიღება შესაძლებელია ფილებისა და გარსების ცალკეული პანელების გარკვეული კუთხით ერთმანეთან სახსრულად ან ხისტად შეერთების გზით. ასეთ კონსტრუქციაში ხდება შეა ზედაპირის გარდატეხა. ცალკეული პანელების მდოვრედ და სახსრულად შეერთების შემთხვევაში გარდატეხა ფიქსირდება დეფორმაციის პროცესში, ხოლო კუთხით შეერთებისას – დეფორმაციამდებ. ასეთი კონსტრუქციები წყვილპარამეტრებიანის განეკუთვნება და მათი გაანგარიშება წყვეტილი ფუნქციების გამოყენებითაა შესაძლებელი.

კონსტრუქციის მიმართ წაყენებული საექსპლუატაციო მოთხოვნები ხამოყალიბებულია სიხისტისა და სიმტკიცის გარკვეული პირობების სახით, რაც იმას ნიშნავს, რომ კონსტრუქციის ზომები (უმეტესწილად იგულისხმება სისქე) უნდა უზრუნველყოფდეს მაქსიმალური ძაბვის ჩაღუნვის დასაშვებ მნიშვნელობას. ჩვეულებრივ, თუ გაანგარიშება შემოწმებითი ხასიათისაა და საჭიროებს ალგორითმის დამუშავებას, რომელიც უზრუნველყოფს აღნიშნული მოთხოვნების დაკმაყოფილებას, შეიძლება ჩაითვალოს მართვებულად. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, სამშენებლო მექანიკის აქტუალური პრობლემაა გარსული კონსტრუქციების გაანგარიშება ოპტიმიზაციის მეთოდით.

გარსების ოპტიმალური დაპროექტება ოპტიმიზაციის რთულ ამოცანას წარმოადგენს. სამჟამოებში, რომლებიც ოპტიმალური დაპროექტების მხოლოდ მცირე ნაწილს ეხება, განხილულია გარსებისა და მით უმეტეს წყვეტილპარამეტრებიანი მართვულია წიბოების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების ოპტიმიზაცია.

პრაქტიკულად გარსული კონსტრუქციების დაპროექტებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს არაფორმალურ სინთეზს, რომელიც ეფუძნება პირდაპირი ამოცანების სიღრმისეულ კვლევას.

აღნიშნული თვალსაზრისით, ოპტიმალურია გარსების ახალი სახის ჭრილების განხილვა, რომლებიც შეიცავს როგორც ნაწილობრივ შემთხვევებს, ისე კანონიკურ გარსებს. ჭრილებიანი გარსების პირდაპირი ანგარიში საშუალებას იძლევა სრულად იქნეს გამოკვლეული ფორმის ზემოქმედება მის დამაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე, რის საფუძველზეც შესაძლებელია გარსის ოპტიმალური ფორმის მიღება.

ამოცანა შედგენილ იქნა ჭრილებიანი გარსების ოპტიმალური დაპროექტებისათვის:

ვთქვათ:  $\Omega_i ; i = \overline{1, n}$  არის შეზღუდული ქვეკვეთების გარკვეული ნაკრები  $E^2$  სიბრტყეზე, რომელსაც მიეკუთვნება ორთოგონალური მრუდხაზოვანი კოორდინატები ( $\alpha_{1i}, \alpha_{2i}$ ).

განვიხილოთ მრავალფენიანი გარსი,  $O O_i: O = \bigcup_{i=1}^n O_i$ , რომლის ზედაპირია  $\Omega_i$  გამოსახული  $\tau_i$ -ის სახით [1, 2].  $\Omega_i \rightarrow O_i$  გარსის სისქე წარმოდგენილია  $h_i(\alpha_{1i}, \alpha_{2i})$  ფუნქციებით.

ამგვარად იქნა არჩეული ტიმშენებოს ბზარის ტიპის მათემატიკური მოდელი, რომელიც აღწერს გარსის დამაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობას.

მოგნიშნოთ გარსის სასაზღვრო ნაწილები, რომლებზეც მოდებულია კიდე-ძალები და გადაადგილებები  $\Gamma_1^{(i)}$ ,  $\Gamma_2^{(i)}$ , ხოლო წყვილი გადაკვეთის წრფე შედგენილია  $\Gamma_3^{(i)}$  გარსებისთვის. მყარი გარსების ამოხსნის განტოლებათა სისტემას შემდეგი სახე ექნება:

$$\bar{C}_1 \bar{\sigma}^{(i)} + \bar{p}_i = 0, \quad \alpha_{1i}, \alpha_{2i} \in \Omega, \quad i = \overline{1, n}; \quad (1)$$

$$\bar{\varepsilon}^{(i)} = \bar{C}^{(i)} \bar{U}^{(i)}; \quad (2)$$

$$\bar{\sigma}^{(i)} = \bar{B}^{(i)} \bar{\varepsilon}^{(i)}; \quad (3)$$

$$\bar{G}_1^{(i)} \bar{\sigma}^{(i)} = \bar{\sigma}_i^0, \quad \alpha_{1i}, \alpha_{2i} \in \Gamma_1^{(i)}; \quad \bar{G}_2^{(i)} \bar{U}^{(i)} = \bar{U}_i^0, \quad \alpha_{1i}, \alpha_{2i} \in \Gamma_2^{(i)}; \quad (4)$$

$$\bar{G}_3^{(i)} \bar{U}^{(i)} = \bar{G}_3^{(i)} \bar{U}^{(i)}, \quad \bar{G}_4^{(i)} \bar{\sigma}^{(i)} = \bar{G}_4^{(i)} \sigma^{(i)}, \quad \alpha_{1k}, \alpha_{2k} \subset \Gamma_3^{(k)}. \quad (5)$$

$\bar{C}_1^{(i)}$ ,  $\bar{C}^{(i)}$  მატრიცები დიფერენციალური ოპერატორიებია;

$\bar{B}^{(i)}$  – სიმტკიცის მუდმივების მატრიცა;

$\bar{G}_1^{(i)}$ , – სასაზღვრო მომენტების ძალვების  $\bar{\sigma}_i^0$  გადაადგილებების  $\bar{U}_i^0$  მატრიცა;

$\bar{G}_3^{(k)}$ .  $\bar{G}_4^{(k)}$ ,  $k = i, j$  – მომენტების ძალვების გადასვლის მატრიცები;

$\bar{p}_i$  – დატვირთვა  $\Omega$  შედგენილ გარსზე.

წარმოვიდგინოთ სიმტკიცის მუდმივების მატრიცა  $\bar{B}$  ყველა ქვეჯაზე ქვეჯაზე  $\Omega_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  სახით:

$$\begin{aligned} \bar{B}^{(i)} &= \sum_{k=1}^3 \bar{B}_k^{(i)}, \quad \bar{B}_1^{(i)} = \begin{bmatrix} \bar{b}_1^{(i)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \bar{B}_2^{(i)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{b}_2^{(i)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \\ \bar{B}_3^{(i)} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bar{b}_3^{(i)} \end{bmatrix}, \quad \bar{b}_1^{(i)} = \frac{E_i h_i}{1 - v_i^2} \begin{bmatrix} 1 & v_i & 0 \\ v_i & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1 - v_i}{2} \end{bmatrix}, \\ \bar{b}_2^{(i)} &= k'_i G'_i h_i \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \bar{b}_3^{(i)} = \frac{E_i h_i^3}{12(1 - v_i^2)} \begin{bmatrix} 1 & v_i & 0 \\ v_i & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - v_i \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც  $E_i$  არის იუნგის მოდული;

$v_i$  – პუანსონის კოეფიციენტი;

$G'_i$  – ძვრის მოდული;

$k'_i$  – ძვრის კოეფიციენტი.

ძალვა-მომენტების ველიდან  $\bar{\sigma}^{(i)}$  (1-5) გამომდინარე, დაძაბულობა

$$\bar{\sigma}^{(\pm)} = [\bar{\sigma}_{11}^{\pm}, \bar{\sigma}_{22}^{\pm}, \bar{\sigma}_{12}^{\pm}, \bar{\sigma}_{13}^{\pm}, \bar{\sigma}_{23}^{\pm}].$$

$$\sigma_{11}^{\pm} = \frac{1}{h_i} \left( T_1 \pm \frac{6M_1}{h_i} \right), \quad \sigma_{22}^{\pm} = \frac{1}{h_i} \left( T_2 \pm \frac{6M_2}{h_i} \right), \quad \sigma_{12}^{\pm} = \frac{1}{h_i} \left( S \pm \frac{6M_2}{h_i} \right), \quad \sigma_{13}^{\pm} = \frac{Q_1}{h_i k'_i}, \quad \sigma_{23}^{\pm} = \frac{Q_2}{h_i k'_i}. \quad (7)$$

მმართველი ფუნქციის სახით ავიდოთ გარსის სისქე:

$$\bar{h} = [h_1(\alpha_{11}, \alpha_{21}), K, h_n(\alpha_{1n}, \alpha_{2n})],$$

ქებნის არქ:

$$D = \left\{ \bar{h} : h_i^-(\alpha_{1i}, \alpha_{2i}) \leq h_i(\alpha_{1i}, \alpha_{2i}) \leq h_i^+(\alpha_{1i}, \alpha_{2i}), i = \overline{1, n} \right\}. \quad (8)$$

გამოვსახოთ  $N_1^*$ ,  $N_2^*$ ,  $N_3^*$  ქვეჯგუფების რიცხვის ნაკრები  $\Omega_i$ -ით, რომელშიც გათვალისწინებულია მასის, სისისტემის, სიმტკიცისა და ძალის მახასიათებლები.  $\Omega_i$  ქვეჯგუფებისთვის  $i \in N_2^*$ ,  $N_3^*$  შემოვიტანოთ გადაადგილებებისა და დაძაბულობის სკალარული ფუნქციები –  $J_i(\bar{U}^{(i)}) g_i(\sigma^\pm(\alpha_{1i}, \alpha_{2i}))$ .

ოპტიმიზაციის კრიტერიუმს და შემდეგ ფუნქციალურობას  $D$  არეში წარმოადგენს:

1. მასალის მოცულობა და კონსტრუქციის მასა:

$$J_1(\bar{h}) = \sum_{i \in N_1^*} J_{1i}(h_i) ; \quad (9)$$

2. გადაადგილების ფუნქციონალი:

$$J_2(\bar{h}) = \max_{i \in N_2^*} \max_{\Omega_i} f_i(\bar{U}^{(i)}) ; \quad (10)$$

3. დაძაბულობის ფუნქციონალი:

$$J_3(\bar{h}) = \max_{i \in N_3^*} \max_{\Omega_i} g_i(\bar{\sigma}^\pm) ; \quad (11)$$

აღნიშნული შეზღუდვების გათვალისწინებით გარსის პარამეტრებზე:

$$\psi_{11} = \frac{J_1(\bar{h})}{J_1^0} - 1 \leq 0 ; \quad (12)$$

$$\psi_{2i} = \frac{J_i(\bar{h})}{J_{2i}^0} - 1 \leq 0, \quad i \in N_2^* ; \quad (13)$$

$$\psi_{3i} = \frac{g_i(\bar{h})}{J_{3i}^0} - 1 \leq 0, \quad i \in N_3^* , \quad (14)$$

სადაც  $I_1^0$ ,  $I_{2i}^0$ ,  $I_{3i}^0$  მათი დასაშვები მნიშვნელობებია. ოპტიმიზაციის პრობლემა ჩანს კონტროლის ფუნქციის განმარტებაში  $\bar{h}^*$  მინიმალური ფუნქციონალის პირობიდან:

$$J_0(\bar{h}) = J_k(\bar{h}), \quad k \in \{1, 2, 3\} . \quad (15)$$

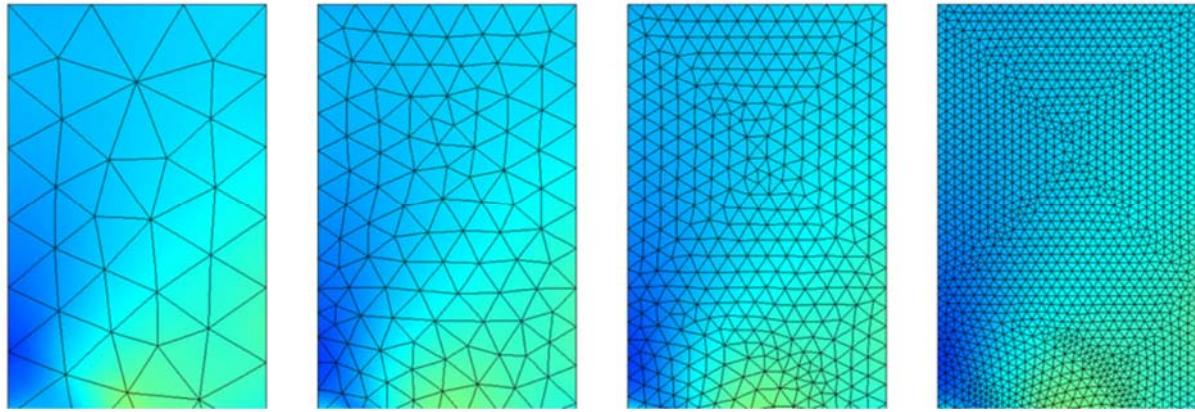
შეზღუდვებისას:

$$\psi_{ji} \leq 0, \quad j \in \{1, 2, 3\}, \quad j \neq k, \quad i \in \begin{cases} N_j^*, & j = 2, 3 \\ 1, & j = 1. \end{cases} \quad (16)$$

პირობითი ოპტიმიზაციის პრობლემასთან ერთად (15, 16) განვიხილოთ შებრუნებული ამოცანები. სისქის  $\bar{h}$  ცვალებადობის ისეთი კანონის განსაზღვრისას, როდესაც კმაყოფილდება (16), ხოლო ობიექტური ფუნქცია (15) არ განიხილება.

ამ ეტაპზე დამუშავების პროცესშია გარსული კონსტრუქციების გაანგარიშება ოპტიმიზაციის მეთოდით და მართკუთხა წიბოების მქონე ფირფიტების ღუნგაზე გაანგარიშების პრაქტიკული მეთოდი სხვადასხვა სახის სასაზღვრო პირობებისა და დატვირთვების გათვალისწინებით. ექსპლუატაციის პირობებში კონსტრუქციები მრავალ თავისებურებას

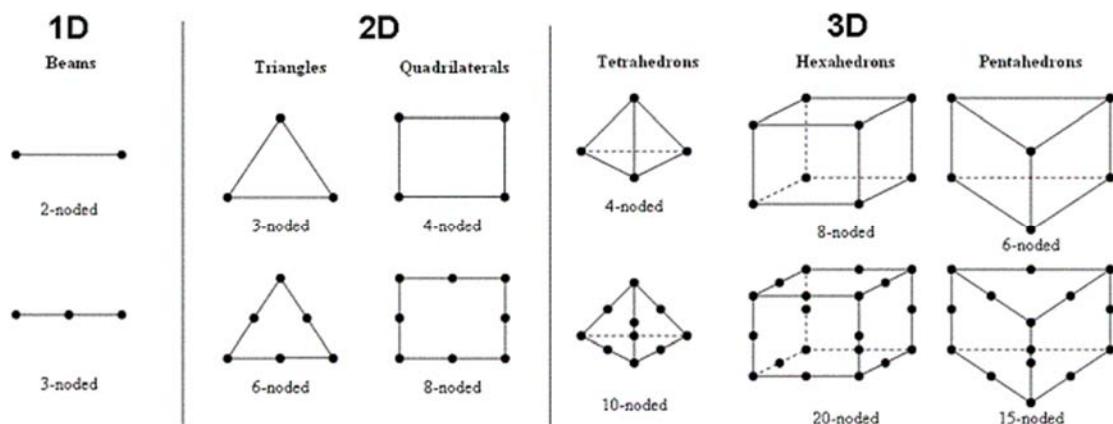
ავლენს, რომელთა სრულად გათვალისწინება შეუძლებელია. პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას კმაყოფილდებიან კონსტრუქციის მხოლოდ იმ თავისებურებების გათვალისწინებით, რომლებიც აცმაყოფილდებს ნაგებობის საიმედოობას. სწორედ ამ მიზნით ხდება რეალური ნაგებობის წარმოდგენა მისი საანგარიშო სქემებით, რომელთა გამოყენებაც საშუალებას იძლევა ამოცანა გადაწყდეს პრაქტიკული მიზნებისთვის საჭირო სიზუსტით. ასეთი სქემების მიღების ერთ-ერთი გზაა უწყვეტი სხეულის დისკრეტიზაცია, ანუ მისი შეცვლა სასრული სიდიდისა და რაოდენობის ელემენტებით, რომლებიც ერთმანეთთან გარკვეული წესითაა დაკავშირებული (ნახ. 3).



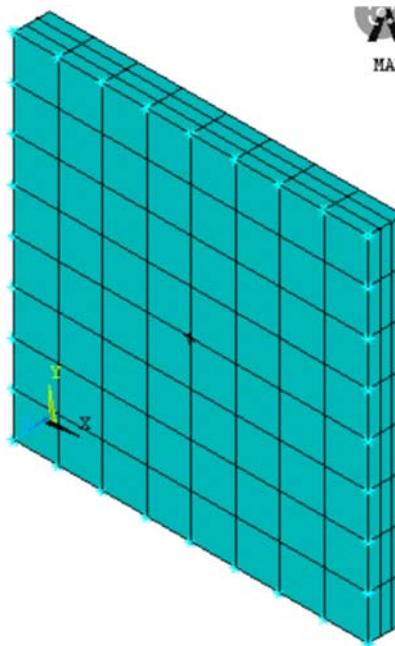
ნახ. 3 მართკუთხა წიბოების მქონე ფირფიტის დისკრეტიზაცია სამკუთხა ელემენტებად სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენების დროს

ლიტერატურის მიმოხილვიდან გამომდინარე, სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენება ხემოაღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად ხელსაყრელია. აღნიშნული მეთოდის დროს, ფირფიტა იყოფა დისკრეტულ-სასრულ ელემენტებად.

სასრული ელემენტების რამოდენიმე ტიპი არსებობს (ნახ. 4 და ნახ. 5):

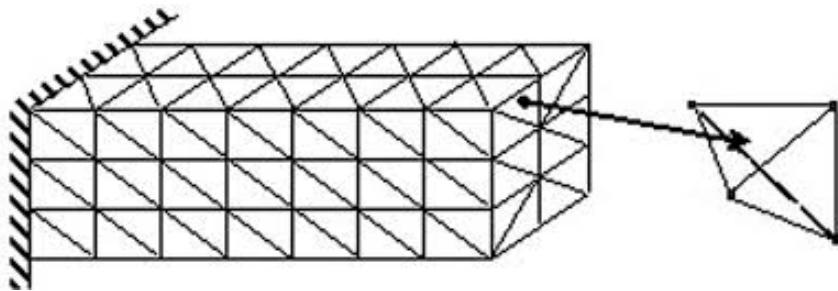


ნახ. 4. სასრული ელემენტების სახეები 1D, 2D და 3D განხომილებებისათვის



ნახ. 5. მართკუთხის ფირფიტის სასრულ ელემენტთა მოდელი

კონსტრუქციის დისკრეტიზაციის პროცესში საჭიროა შეირჩეს ისეთი ელემენტი, მაგალითად ძელი (ნახ. 6), რომელიც ოპტიმალურია აღნიშნული დატვირთვისა და სასაზღვრო პირობებისთვის.



ნახ. 6. მართკუთხის ძელის დაყოფა ტეტრაედრ ელემენტებად

მკვეთრად უნდა განვიასხვაოთ საანგარიშო სქემის დისკრეტიზაციის ორი სახე:

1. დისკრეტიზაცია, რომელიც გულისხმობს ელემენტების კონტაქტს ცალკეულ წერტილებში;

2. დისკრეტიზაცია, რომელიც გულისხმობს ელემენტების კონტაქტს მთელ საკონტაქტო ზედაპირზე. რა თქმა უნდა, მათგან პირველი მიახლოებითია, ხოლო მეორე – უფრო ზუსტი.

ორივე შემთხვევაში საანგარიშო სქემა დაშლილია ქასტემებად, რომელთაც ცალკეულ განვიხილავთ და მათი შემდგომი გაერთიანებით შესაძლებელია დასახული ამოცანის გადაწყვეტა.

საანგარიშო მოდელის შედგენა გულისხმობს სივრცითი კონსტრუქციის გეომეტრიული აღნაგობის, მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების, სხვა სხეულებთან დაკავშირებისა (სასაზღვრო პირობების) და გარე დატვირთვის მოქმედების იდეალიზაციას.

საანგარიშო მოდელში შედის ოთხი ძირითადი მოდელი:

**1. გეომეტრიული მოდელი, რომელიც აღწერს სივრცითი კონსტრუქციის გეომეტრიულ სახეს; კერძოდ, უწყვეტი სხეულია იგი, თუ დისკრეტული. უწყვეტი სისტემების გაანგარიშებისათვის გამოიყენება კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებები, საკონტაქტო წერტილებში გაერთიანებული დისკრეტული სისტემებისთვის კი – ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებები;**

**2. ფიზიკურ-მექანიკური მოდელი, რომელშიც იგულისხმება სხეულის ფიზიკურ-მექანიკურ პარამეტრებს შორის დამოკიდებულება; კერძოდ, ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის წრფივი ან არაწრფივი დამოკიდებულება, დრეკადობის მოდულის ან სხვა პარამეტრების ცვლილება დატვირთვის ან დროის ცვლილებასთან დაკავშირებით;**

**3. სასაზღვრო პირობების მოდული, რომელიც განსაზღვრავს დამაგრების ან მისი სხვა სხეულებთან მიერთების საკითხებს. მიერთება შეიძლება განხორციელებული იქოს ხისტი ან სახსროვანი კავშირებით. თითოეული კავშირის სახე განსაზღვრავს რეაქტიული ძალვების სახესა და რაოდენობას. ეს ძალვები სხეულისთვის ისეთივე გარეგანი ფაქტორებია, როგორც საექსპლუატაციო დატვირთვები ჩამაგრების ზედაპირებზე ან წერტილებში (ზოგიერთი მათგანი ცნობილია, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ის მუდმივები, რომლებიც ამოცანის გადაწყვეტისთვის საჭირო დიფერენციალური განტოლებების გაინტეგრალების შედეგად მიიღება);**

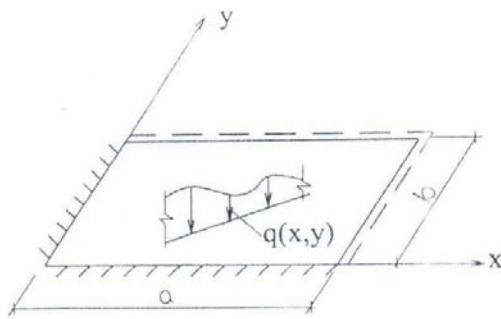
**4. გარე დატვირთვის მოდელი, რომელშიც იგულისხმება გარე დატვირთვის სახე. ე.ო. რეალური გარე ზემოქმედება სხეულზე აისახება მარტივი დატვირთვების კონკრეტული კომბინაციით.**

გაანგარიშების პროცესში მიმართავენ საანგარიშო სქემის წარმოდგენას ქვესქემების სახით. გადსაწყვეტი ამოცანის ქვესქემებად წარმოდგენა (დაშლა) ხდება ოთხივე მოდელის მიხედვით.

ფილების გაანგარიშების პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევები, როდესაც კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტა შედარებით მარტივია საანგარიშო სქემის ოთხივე მოდელის მიხედვით. ამ დროს შესაძლებებულია საანგარიშო სქემის ქვესქემებად დაშლამ თვისობრივად გაამარტივოს ამოცანის გადაწყვეტა. მაგალითად, მნიშვნელოვანია მართკუთხა ფილების გაანგარიშების საკითხი ერთ-ერთი სახის მარტივი დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში, როდესაც ამოცანის გადაწყვეტა ხდება საანგარიშო სქემის ქვესქემებად დაშლის გზით.

ამჟამად არსებული მართკუთხა წიბოების ქრონიკოლოგიური გაანგარიშების მეთოდი, რომლის შექმნაც განპირობებულია სასაზღვრო პირობებისა და მოქმედი დატვირთვების მრავალსახეობით, გამოირჩევა გაანგარიშების საქმით ხანგრძლივი პროცესით. ამიტომ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ხერხების დამუშავებას, რომლებიც კონკრეტული ამოცანისთვის (კონკრეტული სასაზღვრო პირობებისა და დატვირთვის კონკრეტული სახისთვის) იქნება გამიზნული და სტანდარტული დამოკიდებულებით მნიშვნელოვნად გაამარტივებს ამოცანის ამოცანის პრაქტიკულ (გამოყენების) მხარეს.

განვიხილოთ მართკუთხა ფირფიტა (ნ. 7), რომლის გვერდები ჩამაგრებულია სახსრული და ხისტი საყრდენების ნებისმიერი კომბინაციით და მასზე მოქმედებს ნებისმიერი სახის დატვირთვა.



ნახ. 7. სახსრული და ხისტი საყრდენები

მართკუთხა ფირფიტის ჩაღუნვამ:

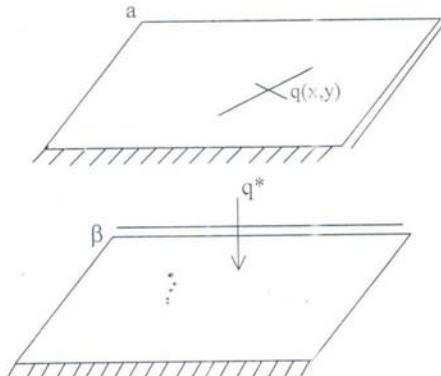
$$W=W(x,y)=W_{\max}f(x)\varphi(y) \quad (17)$$

უნდა დააგმაყოფილოს ჩამაგრების შესაბამისი პირობები და ერთი დამატებითი პირობა: როდესაც  $x = \xi$  და  $y = \eta$ ,

$$W=W(x,y)=W_{\max}, \quad (18)$$

სადაც  $\xi$  და  $\eta$  ფირფიტის მაქსიმალური ჩაღუნვის შესაბამისი ნორმალის კოორდინატებია.

განსახილველი ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა მოცემული საანგარიშო სქემა ჩამაგრების პირობების (სასაზღვრო პირობების) მოდელის მიხედვით დაიშალოს ორ ქვესქემად (ნახ. 8), რომლებიც წარმოადგენს პირობით კოჭებს. ამ კოჭების დეფორმაციების თავსებადობის პირობების საშუალებით მიიღწევა  $\alpha$  და  $\beta$  ქვესქემების ეკვივალენტურობა მოცემულ სქემასთან. ამ თავსებადობის პირობების საშუალებით განისაზღვრება ურთიერთქმედების  $q^*$  ძალოვანი ფაქტორი, რომლის მოდებითაც  $\beta$  ქვესქემაზე (პირობით კოჭზე) შესაძლებელია განისაზღვროს  $W(x, y)$ , ვინაიდან პირობითი კოჭების მაქსიმალური ჩაღუნვების შესაბამის განივალებულის მობრუნების კუთხეები ნულის ტოლია (ასევე ფირფიტის მაქსიმალური ჩაღუნვის შესაბამის კვეთებში).



ნახ. 8. მაქსიმალური ჩაღუნვები

დეფორმაციების თავსებადობის პირობა ამ კვეთებისათვის ჩაიწერება მხოლოდ ჩაღუნვების მიხედვით:

$$\delta_{\max}^\alpha q^* - \delta_{\max}^\alpha q = \delta_{\max}^\beta q^*, \quad (19)$$

სადაც  $\delta_{\max}^\alpha$  და  $\delta_{\max}^\beta$  წარმოადგენს  $\alpha$  და  $\beta$  ქვესქემების შესაბამის კოჭებში ერთეულოვანი ძალოვანი ფაქტორებისაგან გამოწვეულ მაქსიმალურ ჩაღუნვებს.

(19) განტოლების ამოხსნით მიიღება:

$$q^* = \frac{q}{1 + \frac{\delta^\beta_{\max}}{\delta^\alpha_{\max}}} . \quad (20)$$

ასე რომ,  $W_{\max} = \delta_{\max}^\beta q^*$ . რაც შეეხება  $f(x)$  და  $\varphi(y)$  ფუნქციებს, ისინი წარმოადგენება და  $\beta$  ქვესქემების შესაბამისი კოჭების ჩაღუნვებს (ფიზიკური პარამეტრების გარეშე). ამ სიდიდეების (20) განტოლებაში შეტანით (21) პირობა დაკმაყოფილდება

$$W(x,y)=W_{\max} \frac{f(x)\varphi(y)}{f(\cdot)\varphi(\eta)} . \quad (21)$$

შემდგომი გაანგარიშებები (მდუნავი და მგრეხი მომენტების განივი ძალების და ა. შ. განსაზღვრა) ხდება კლასიკური დრეკადობის თეორიის ცნობილი ფორმულების საშუალებით.

## დასკვნა

სამეცნიერო ლიტერატურაში პრაქტიკულად არ იძებნება წყვეტილპარამეტრებიანი მართკუთხა წიბოების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდები, რომლებიც პრაქტიკული რეალიზაციისთვის მოსახურებელია. წყვეტილპარამეტრებიანი მართკუთხა წიბოების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების ღუნვაზე გაანგარიშება, ოპტიმიზაციის მეთოდების დახვეწა დღეს ძალზე აქტუალურია და დამუშავების სტადიაზე იმყოფება. კლასიკური სამშენებლო მექანიკის თეორიის გამოყენება აღნიშნულ საკითხზე არაეფექტურია, რადგან არ არის შექმნილი პრაქტიკული ალგორითმი, რომელიც, სწორად და მცირე დაშვებებით, წყვეტილპარამეტრებიანი მართკუთხა წიბოების მქონე სივრცითი კონსტრუქციების ღუნვაზე გაანგარიშების საშუალებას მოგვცემდა.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

- Савула Я.Г., Флейшман Н.Г. Расчет и оптимизация оболочек с резным срединными поверхностями. Львов: ЛГУ, 1989. - 172 с.
- Бурак Я. И., Будэ С. Ф., Дробенко Е. Д, Оптимизация по напряжениям упругих составных оболочек вращения//Прикл. Механика, т. 22. №2. 1986, с. 119-122
- Григолюк Э.И., Подстригач Я. С., Бурак Я. И. оптимизация нагрева оболочек и пластин. Киев, 1979. - 364 с.
- Григоренко Я.М. Василенко А .Т ., Панкратова Н.Д. Расчет некруговых цилиндрических оболочек. Киев, 1977. - 104 с.
- L.A. Schmit Structural optimization-some key ideas and insights// New directions in optimum structural design//Ed.E. Artec et.al.Chichester. Wiley, 1985, pp. 1-45.
- Тамразян А. Г., Алексеевцев А. В., Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий. 2019.
- Серпик И. Н., Оптимизация стальных плоских ферм по структуре и параметрам на основе стратегии поиска рабочего места. 2019.
- Алексеевцев А. В., Курченко Н. С. , Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях. 2018 .
- Филимонова Е. А., Методика поиска оптимальных параметров железобетонных конструкций с учетом риска отказа. 2012.
- Optimization of spatial truss towers based on Rao algorithms, Structural Engineering & Mechanics. February, 2022.
- Multiobjective Topology Optimization of Spatial-Structure Joints, Advances in Civil Engineering. April, 2021.

## **STRUCTURAL MECHANICS**

### **CALCULATION OF SPATIAL CONSTRUCTIONS WITH RECTANGULAR RIDGECC BY OPTIMIZATION METHODS**

**V. Beruashvili**

(Georgian Technical University, Kutaisi International University)

**Resume.** Thin-walled spatial structures, in the form of plates and shells, are widely used in construction. Thin-walled spatial coating is mainly used for hangars, gyms, large-scale indoor premises, exhibition pavilions, train stations, enterprises, industrial buildings and other similar structures. Structures with thin-walled rectangular ribs often experience such loads at which the displacement is not commensurate with the thickness, and the linear theory of calculation can no longer meet the requirements of structures. The further development of industry and construction determines the creation of new structures, which are obtained by connecting individual panels of tiles and shells at certain angles.

**Keywords:** calculation; optimization; overlaps; thin-walled spatial structures.

თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციების გაანგარიშება სიმტკიცეზე  
სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით\*

### იოსებ გიორგობიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქუთაისის საერთაშორისო უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ლიტერატურული მასალები, რომლებიც ეხება სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით შესრულებულ ფირფიტებისა და გარსების ანალიზს.

დღესდღეობით სწრაფი ტემპით იზრდება ფირფიტებისა და გარსების გამოყენება მცირე წონისა და მაღალი სიმტკიცის მქონე სხვადასხვა დანიშნულების მექანიზმებსა თუ ნაგებობებში. გასულ საუკუნეში აქტიურად დაიწყო კომპოზიციური მასალების შესწავლა და მათი ყოველდღიურ კონსტრუქციებში მოხმარება, მაგრამ ამ მასალების შესწავლა საკმაოდ რთულია მათი სივრცეში ანიზოტროპიული ქცევის გამო. აღსანიშნავია, რომ კომპოზიციური კონსტრუქციები ხშირად ფენების სახით გვხვდება, რომლებიც სხვადასხვა ორიენტაციისაა. ამიტომ ძალზე ძნელი აღმოჩნდა მათი სიმტკიცის ანალიზი და ამოცანა კიდევ უფრო რთულდება, როდესაც საქმე ეხება შემცირებული განივევეთის გამო ხვრეტებში ძაბვათა კონცეტრაციას. ამ პრობლემების გადასაწყვეტად გამოიყენება რიცხვითი მეთოდები; კერძოდ, სასრულ ელემენტთა მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს გეომეტრიის სწორ დისკრეტიზაციას და სასაზღვრო პირობების განსაზღვრას.

**საკვანძო სიტყვები:** გარსი; სასრულ ელემენტთა მეთოდი; სიმტკიცე; ფირფიტა.

### შესავალი

ბოლო რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში სამშენებლო მექანიკაში თხელკედლიანი სივრცითი (ფირფიტებისა და გარსების) კონსტრუქციები განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს, რადგანაც ასეთი ტიპის გარსებისა და ფირფიტების ელემენტებმა ფართო გავრცელება პოვა სხვადასხვა კონსტრუქციებში. მაგალითად, გარსული კონსტრუქციები წარმატებით გამოიყენება აეროკოსმოსურ ინჟინერიაში, გემთმშენებლობაში, თვითმფრინავთმშენებლობაში, სამშენებლო ინჟინერიაში და სხვ. ეს კონსტრუქციები განიცდის რთულ სტატიკურ და დინამიკურ დატვირთვებს. კომპოზიციური მასალების სრულყოფამ, რომლებიც უდიდეს ტექნიკურ რევოლუციად ითვლება, რეაქტიული ძრავების შექმნის შემდეგ გზა გაუხსნა ფენოვანი გარსული კონსტრუქციების გამოყენებას. კომპოზიციური მასალების (ბორი-ეპოქსიდი, გრაფიტ-ეპოქსიდი) ბოჭკოები განაპირობებს კომპოზიციური მასალის ძალზე მაღალ სიმკტიცესა და სიხისტეს. მასალების ასეთი სინთეზი უზრუნველყოფს როგორც

\* ქვლევა (PHDF-21-1399) განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ცონდის მხარდაჭერით.

კომპოზიციური მასალის ბოჭკოს დაცვას, ისე ძალის გადაცემას და ბოჭკოუბს შორის მის გადანაწილებას.

ფენოვანი სტრუქტურების ცალკეულ ფენებში განივი დეფორმაციების შესწავლამ დღის წესრიგში დააყენა კლასიკური ანალიზის გაფართოების აუცილებლობა, რომელიც დაფუძნებული იყო კირხვიფ-ლიავის პიპოთეზაზე. შედეგმა მთლიანად გამორიცხა განივი დეფორმაციის უფეტი. აღნიშნული პრობლემა ნაწილობრივ გადაწყვეტილ იქნა ტიმოშენკო-რეისნერის და მინდლინის დაშვების გათვალისწინებით.

თანამედროვე ინჟინერიაში სულ უფრო და უფრო ფართოდ გამოიყენება თხელკედლიანი კონსტრუქციები მათი მაღალი კუთრი დატვირთვის გამო. ასეთ კონსტრუქციებში სშირია ესა თუ ის შეერთება და შეერთების ადგილებში ძალთა კონცენტრაცია, რადგან იქ ხდება სისისტეის გაზრდა დამატებითი ელემენტების შეტანით ან განივავეთის ფართობის შემცირებით. გარდა ამისა, ამჟამად ცდილობენ რთული გეომეტრიული ნაგებობის შექმნას სხვა პარამეტრების დასაკმაყოფილებლად, ეს კი საკმაოდ ართულებს მექანიზმისა თუ ნაკეთობის ანალიზს. აუცილებელი ხდება დამატებითი ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება, რათა შესწავლილ იქნეს რთული გეომეტრიული დეტალის ან ნაკეთობის ქცევა კონკრეტულ დატვირთვებზე.

ცხადია, ტესტირების პროცედურა, რომელიც საკმაოდ დიდ ხარჯთან იყო დაკავშირებული, მინიმუმანდე უნდა შემცირებულიყო. ამისათვის გასულ საუკუნეში შეიქმნა ასალი მეთოდოლიგია, რომელიც სასრულ ელემენტთა მეთოდის სახელითაა ცნობილი და მიეკუთვნება რიცხვით მეთოდს. ამ მეთოდის საშუალებით ხორციელდება ჯერ რთული გეომეტრიის დაშლა ძალიან მცირე სასრულ ელემენტებად და შემდეგ მათი ანალიზი.

წინამდებარე ნაშრომი ეხება სწორედ ზემოაღნიშნულ მეთოდოლოგიას, რომელიც გამოიყენება სიმტკიცის ანალიზისათვის. შექმნილი ხვრებებიანი თხელკედლიანი სივრცითი ფენოვანი კონსტრუქციის გაანგარიშება შესაძლებელია ტრადიუცილი ემპირიული მეთოდით, შემდეგ კი პროგრამულ პაკეტში იქმნება შესაბამისი მოდელი. სასაზღვრო პირობებიდან გამომდინარე, ხდება მისი სიმტკიცის ანალიზი და ამ ანალიზის გათვალისწინებით მზადდება ანალოგიური კონსტრუქცია, რომელიც გამოიცდება საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტი არსებულ ლაბორატორიაში.

## ძირითადი ნაწილი

სასრული ელემენტების მეთოდი პირველად შემოთავაზებულ იქნა 1940-იანი წლების დასაწყისში, როგორც ციფრული ტექნიკა კერძო წარმოებულებიანი, დიფერენციალური განტოლებების გადასაჭრელად. იმ პერიოდში შესაძლებელი იყო ელემენტთა ბადის განსაზღვრა და აღნიშნული ელემენტების ურთიერთქმედების გამოყენება ამოსახსნელ განტოლებათა სისტემის შესაქმნელად. თუმცა მაშინ განტოლებათა სისტემის ამოსახსნა ჯერ კიდევ პრიმიტიული ხერხით ხდებოდა. ამიტომ იყო, რომ სასრული ელემენტის მეთოდი აკადემიურ ცნობისმოყვარებად რჩებოდა 1960-იანი წლების დასაწყისამდე, კ. ი. მანამ, სანამ ხელმისაწვდომი გახდებოდა კომპიუტერები, რომლებსაც შეეძლო ერთდორულად განტოლებების დიდი სისტემების ამოსახსნა. აქედან იწყება ზოგადი პრობლემების გადასაჭრელად სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენება და სწორედ ამის შემდეგ გაიზარდა საინჟინრო პრაქტიკაში სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებისადმი ინტერესი. ადრეული სასრული ელემენტების პროგრამები იყო საეციალიზებული კოდები, რომლებიც შეიქმნა კონკრეტული ტიპის პრობლემის გადასაჭრელად. როგორც წესი, ეს პრობლემები შეიცავდა ერთი ელემენტის ტიპს (მაგალითად, სხივებს, დერმას სიმტკიციულ გარსებს ან სიბრტყეზე დაბაბულობის მყარებს) და ეხებოდა ფიზიკის ერთ სფეროს (სტრუქტურულს, ოერმულს და ა.შ.). ეს ზღუდაგდა

პრობლემის ტიპს, რომლის გადაჭრაც თითოეულ პროგრამას შეეძლო. ეს კი იმას ნიშნავდა, რომ არ არსებობდა სტანდარტული ანალიზის ინსტრუმენტები. ერთი და იმავე ორგანიზაციის სხვადასხვა ჯგუფისათვის ჩვეულებრივი იყო სხვადასხვა კომპიუტერული პროგრამის გამოყენება. იყო შემთხვევები, როდესაც ინჟინერების გარკვეულმა ჯგუფმა შეიმუშავა და გამოიყენა თავისი სასრული ელემენტების კოდი, რამაც გამოიწვია სხვა ინჟინერთა შეშფოთება სხვადასხვა პროგრამის შედეგების თავსებადობასთან დაკავშირებით.

შეუძლებელია მათემატიკური მოდელების დიდეფექტიანი საშუალებების გარეშე ტექნიკის ისეთი დარგების განვითარება, როგორიცაა სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობა, ავიამშენებლობა, სარაკეტო და კოსმოსური მშენებლობა, მანქანათმშენებლობა და სხვ. ისინი არა მარტო ახალი ტექნიკური იდეებიდან კონკრეტულ კონსტრუქციულ გადაწყვეტილებებზე გადასვლის პროცესის დაჩქარების შესაძლებლობას ქმნიან, არამედ მიღებული კონსტრუქციის ხარისხის შესამოწმებელ ციკლსაც. მათემატიკური მოდელების შექმნისას განსაკუთრებით ფენოვანი (მრავალშრიანი) კონსტრუქციების ანალიზის დროს აუცილებელია პროგრამული პაკეტის საფუძვლად აღებულ იქნეს სამშენებლო მექანიკისა და დეფორმირებული მყარი ტანის მექანიკის ამოცანათა ამოხსნის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური რიცხვითი მეთოდი – სასრულ ელემენტთა მეთოდი (სეგ).

ბოლო დროს გამოკვეულებულ ლიტერატურაში გვხვდება სემ-ის გამოყენებით შესრულებული ფენოვანი კონსტრუქციების ანალიზი. ს. მაის, პ. ტოგისა და ტ. პაინის ნაშრომში [1] მოცემულია ფენოვანი კონსტრუქციების ანალიზი სემ-ის გამოყენებით, რომელიც აგებულია გარკვეულ პიპოტებაზე. მოდიფიცირებული სასრული ელემენტი შექმნილი იყო რ. შპილერისა და სხვების [2] მიერ, რომელიც შეეცადნენ სასრული ელემენტით მიეღოთ სასურველი სიზუსტე და საკვანძო წერტილებში შეემცირებინათ თავისუფლების ხარისხი. ერთფენიანი გარსისა და ფირფიტისათვის ანალოგიური ტიპის ელემენტი პირველად შექმნას. ახმადმა [3].

მიუხედავად იმისა, რომ ამ გამოკვლევებში გამოყენებული იყო მართკუთხა ელემენტები, ისეთი პრობლემის გადაწყვეტა, როგორიცაა ნახვებებიან ფენოვან ფირფიტებში ხვრელის ირგვლივ ძაბვის კონცენტრაციის განსაზღვრა, საკმაოდ რთულია.

სასრულ ელემენტთა მოდელი ძირითადად ეფუძნება ფენოვან ფირფიტათა და გარსთა თეორიას, რომელიც გარკვეულწილად დაკავშირებულია კირხოფ-ლიაფის პიპოტებაზათან, რაც გამოისახება იმით, რომ გადამჭრებული დეფორმაციები არ წარმოადგენს ფუნქციებს გარსის სისქის კოორდინატების მიმართ; ამასთან, არადეფორმირებული გარსის ნორმალი, რომელიც წარმოადგენს წრფეს, დარჩება ისევ წრფედ, ხოლო ნორმალი დეფორმირებული ზედაპირის მიმართ ცალკეული ფენების შემთხვევაში და იგი მობრუნდება დეფორმირებული ზედაპირის (გარსის) მიმართ იმდენჯერ, რამდენჯერაც ფენა გადადის ფენაში. ორფენიანი და სამფენიანი ფირფიტებისათვის ანალოგიური წინანდადება შემოთავაზებული იყო გ. სვიფტის და რ. ხერომის [4], ასევე ლ. დუროჩერომისა და რ. სოლესკის [5, 6] მიერ. იზოტროპული მასალებისათვის მსგავსი პიპოტება შეიმუშავა ჯ. ბიულმა და ე. რეისნერმა [7]. ადსანიშნავია, რომ, გარსის ფენათა სისქე საქმარისად მცირება, ფენათა რაოდენობა კი – საკმარისად დიდი, ხოლო ერთფენიანი ფირფიტების თეორია ემსგავსება ც. ლიბოუკის და ს. ბორდოლფლის [8] თეორიას სამფენიანი ფირფიტებისათვის.

ზოგადად, გარსთა და ფირფიტათა თეორიაში ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური პრობლემაა ძვრის ფაქტორის განსაზღვრა სისქის მიმართ. ამ პრობლემის გადაჭრას მიეძღვნა უამრავი ე. წ. დაზუსტებული თეორია, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, პრობლემა პრაქტიკულად მაინც გადაუჭრებული დარჩა. ამასთან, ასევე აქტუალურ პრობლემად რჩება რიცხვითი შედეგის მიღწევაც.

ტრადიციული და ახალი მასალებით კონსტრუქციების დაპროექტების თანამედროვე მეთოდები მჭიდროდ არის დაკავშირებული დეფორმირებული სხეულების მექანიკურ დამუშავება-დახვეწანისათვის, აგრეთვე ეფექტური რიცხვითი სქემებისა და ალგორითმული გადაწყვეტილებების შექმნასთან.

ბოლო წლების ნაშრომებში კონსტრუქციების დაპროექტების თანამედროვე მეთოდები მოდელირების პრინციპები და ფიზიკური მეთოდების საფუძველი კონცეპტუალური, კონსტრუქციული, ტექნოლოგიური და მასალათმცვლენივების გადაწყვეტილებების მიღებისა მანქანებისა და კონსტრუქციების შექმნის მოედ ეტაპზე.

ორი ძირითადი კლასის მოდელირების (ფიზიკურისა და მათემატიკურის) შედარებისას, აღმოჩნდა, რომ ბოლო დროს უმეტეს ამოცანათა გადაწყვეტაში უფრო მეტად გამოიყენება მათემატიკური მოდელირება. ციფრული მეთოდების მოდელირებამ შესაძლებელი გახდა ხშირ შემთვევაში შეცვლილიყო ან კიდევ უფრო არსებითად დახვეწილიყო დამატებითი ფიზიკური ძიებები ისეთი საშუალებებით, როგორიცაა გამოთვლითი ექსპერიმენტები, სიმტკიცის გაანგარიშება, დეფორმირებადი პროცესების მოდელირება, დინამიკური პროცესები და სხვ. მათზე დაყრნობით გახდა შესაძლებელი ოპტიმალური კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების მიიღება.

სწორედ მათემატიკური მოდელირება და გამოთვლითი ექსპერიმენტი წარმოადგენს როლი ანალიზის ჩატარების ძირითად მეთოდს, რომელიც განაპირობებს სამუშაო პროცესების გააქტიურებას, პრინციპულად ახალი კონსტრუქციის მანქანების, მოწყობილობების, ტექნოლოგიური პრინციპების და სისტემების – „მანქანა-ადამიანი-გარემო“ – შექმნას, რომლებიც განსაზღვრავს სახალხო მეურნეობის დარგების განვითარების პროგრესს, ყოველივე ამის მიღწევა შეუძლებელია ახალი ორიგინალური მათემატიკური მოდელების დამუშავების გარეშე, რომელთა საფუძველისაც სამეცნიერო ტექნიკური გადაწყვეტილებების ფუნდამენტური ძიებების შედეგები წარმოადგენს.

ბრტყელი გარემოს მექანიკის განსაკუთრებული წარმოსახვით შესაძლებელია დინამიკური დატვირთვების ზეგავლენის ქვეშ მყოფი დეფორმირებადი სხეულების ანალიზი. სიზუსტის კლასისა და დინამიკური სიმტკიცის დონის განსაზღვრა ხერხდება მათემატიკური მოდელების საშუალებით. საანგარიშო სქემა უნდა ჰასუხობდეს გადასაწყვეტ ამოცანას. ამისათვის საკმარისია სრულად აღიწეროს არსებითი მხარეები და უაღრესად აბსტრაქტულ იქნეს სამოდელო პროცესის მეორესარისხოვანი მხარეები. მოდელებში გათვალისწინებული უნდა იყოს პარამეტრები, რომელთა ცვალებადობაც ექსპლუატაციისას ხდება შესამჩნევი.

აუცილებელი თეორიული წანამდლორები ასეთი მიდგომების განვითარებისათვის წარმოდგენილია მრავალი ავტორის (ს. ტიმოშენკოს, ვ. ბიძერმანის, ი. ბირგებმანის, ნ. ბოგოლიუბოვის, მ. გენკინას, ე. გრილგიუკის, ფ. დიმებერგის, ვ. ივოვიჩის, კ. კოლესნიკოვას, ე. ლაგენულას, ნ. მახეტოვას, ვ. პატერუგიას, კ. რაგულსკისას, ა. რუბინიცინას, ვ. სვეტლიცოგოს, კ. ფროლოვის, ი. არგირისის, რ. ბისშოპის, ს. გრანდალის, ჯ. ვილსონის) ნაშრომებში. სისტემის მდგომარეობის დამახასიათებელ ძირითად ცვლად სიდიდეებად ითვლება გადაადგილებები, დეფორმაციები და ძაბვები. შეიძლება გამოიყოს მოძრაობის განტოლების გამოყვანის სამი ძირითადი მეთოდი, რომელთაგანაც თითოეული პრიორიტეტულია გარკვეული კლასის ამოცანისათვის.

პირველი მეთოდი დაკავშირებულია დალამბერის პრინციპის გამოყენებასთან, რომელიც, დინამიკური წონასწორობის პირობიდან გამომდინარე, მოძრაობის განტოლების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

განაწილებულპარამეტრიან სისტემაზე მოქმედი ძალების წონასწორობის პირობების უშუალო გამოყვანა მნელია. ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია შესაძლო გადადგილების პრინციპის გამოყენება.

უმეტესად გავრცელებულია ვარიაციული მეთოდი – პამელტონის პრინციპი, რომელიც ქნერგიის სკალარული სიდიდის ვარიაციულ დასმას გულისხმობს. ის შესაძლო გადაადგილების პრინციპისან იმით განსხვავდება, რომ მის ფორმულირებაში არ შედის ინერციული და დრეკადი ძალები და ის განიხილავს ქნერგიის წმინდა სკალარულ სიდიდეებს, მაშინ როდესაც შესაძლო გადაადგილების მეთოდში ძალები და გადაადგილებები ხასიათით წარმოადგენს ვექტორებს იმ შემთხვევაშიც კი, როცა მუშაობა ხასიათდება სკალარული სიდიდეებით.

ასე რომ, მყარი სხეულის დემპფირებადი მექანიკა საშუალებას იძლევა თავისუფალი მექანიკური სისტემის ქცევა დაიყვანოს სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნამდე, რომელსაც ოპერატორულ ფორმაში შემდეგი სახე აქვს:

$$\Theta u = \varphi; u \in V, \quad (1)$$

სადაც  $\Theta$  დიფერენციალური ოპერატორია ( $\theta$ -ობად შემთხვევაში არაწრფივი);

$\varphi$  – გარე დატვირთვების ვექტორი;

$u$  – გადაადგილების ვექტორი;

$V$  – დასაშვებ გადაადგილებათა სივრცე.

გადაადგილების ვექტორი წარმოადგენს დიფერენცირებად ფუნქციათა კლასს, რომელიც აკმაყოფილებს მოცემულ სასახლვრო პირობებს. ამოცანა ჩაითვლება გადაწყვეტილად, თუ შერჩეული  $u$  ფუნქციის კლასი ამავე დროს დააკმაყოფილებს (1) ტოლობას. თუმცა პრობლემურია დასახული მიზნის მიღწევა, მაგრამ მათი რეალიზაცია შესაძლებელია უბრალო მექანიკური სისტემებისათვის. დიფერენციალური ოპერატორის ბუნება (უნარი) მექანიკური ამოცანების გადაჭრისას ამ ამოცანების ვარიაციული დასმის განხორციელების საშუალებას იძლევა, ე. ი. დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა უნდა შეიცვალოს ფუნქციონალის მინიმუმის მოძებნის ამოცანით.

$$I(v) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} (\Theta v, v) d\Omega - \int_{\Omega} (f, v) d\Omega, \quad (2)$$

რომლისთვისაც (1) არის ეილერის განტოლება და იგი ქმნის ფუნქციონალის მინიმაზიზაციის პირობას:

$$u \in V; I(u) = \inf I(v); v \in V. \quad (3)$$

ე. ი. ე თპერატორი, შექცევის ამოცანები და ფუნქციონალის  $I(v)$  მინიმიზაცია ეპივალენტურია და მათი გადაწყვეტის საშუალებაა ერთი და იგივე ფუნქცია ( $u$ ):

$$(f, u) = f_1 u_1 + f_2 u_2 + \dots \quad (4)$$

ამოცანის ვარიაციული დასმით, ამოხსნის შემთხვევაში მიღებული გადაწყვეტილებები მარტივდება. ფუნქციონალებში მყოფ გამოსახულებას აქვს საძიებელი ფუნქციის უფრო დაბალი რიგის წარმოებული, ვიდრე შესატყვის დიფერენციალურ განტოლებაში, რაც ააღვილებს გაანგარიშების ალგორითმიზაციას, აფართოებს აპროქსიმირებულ ფუნქციათა კლასს, რომლებიც გამოიყენება მიახლოებით ამოხსნებში. ამოსახსნელ ალგებრულ განტოლებათა სისტემის წარმოდგენა ხდება სიმეტრიული ლენტური მატრიცების სახით.

სწორედ ეს ალგორითმი სამშენებლო მექანიკის ამოცანების რიცხვითი მეთოდით გადაწყვეტისას მათი ფართო გამოყენების მიზეზი, დაფუძნებული ვარიაციულ პრინციპზე, რომელთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია სემ-ს. იგი წარმონდება, როგორც საკოორდინატო ფუნქციების პირდაპირი ვარიაციული მეთოდი და თანაც სწორედ სემ-ის სწრაფი განვითარებით იწყება ახალი ვარიაციული პრინციპების მდლავრი განვითარება.

ს. მიხლინის [9] ტერმინოლოგიის მიხედვით ფუნქციონალის მინიმიზაციის მიღწევა პირდაპირი მეთოდებით, სასრულსხვაობიანი მიღგომის ანალოგიურად ვარიაციული ფუნქციონალის მინიმიზება მიზანშეწონილია დასაშვები გადაადგილების სასრულგანზომილებიან სივრცეში, რითაც ამოცანა (3) შეიცვლება მიახლოებითი ამოცანით:

$$u \in V_k; I(u) = \inf I(v); v \in V_k, \quad (5)$$

რომლის ამონასნი ამოცანის ზუსტ ამოხსნას ემთხვევა როცა  $k \rightarrow \infty$ .

შედარებით ცნობილი ვარიაციული ფორმულირების მიხედვით. ღრეკადობის თეორიის ძირითადი თანაფარდობის წარმოდგინა შეიძლება ვექტორული სახით:

$$A^T \sigma + f = 0 \quad (6)$$

$$\sigma = D\varepsilon \quad (7)$$

$$\varepsilon = Au. \quad (8)$$

ასეთი ტოლობები სრულდება სტრუქტურის მიერ დაკავებულ  $\Omega$  არეში, ხოლო მის საზღვარზე მოცემულია სასაზღვრო პირობა  $f_s - s_1$ -ზე და გადაადგილდება  $u_2 - s_2$ -ზე.

$$A_S^T \sigma = f_s; u = u_s, \quad (9)$$

სადაც  $u, \varepsilon$  გადაადგილების და დეფორმაციის ვექტორებია;

$f, \sigma$  – გარე ძალების და ძაბვების ვექტორები;

$A, A_s$  – დიფერენცირების და მიმმართველი კოსინუსების მატრიცები;

$T$  – ტრანსპონირება.

მექანიკის სტაციონარულ ამოცანებში ღრეკადობის თეორიის განტოლებები (6) და სასაზღვრო პირობები (9) წარმოადგენს ვილერის განტოლებებს და ფუნქციონალის ბუნებრივი სასაზღვრო პირობებით ზოგად შემთხვევაში ატარებს ხუმაშიძის სახელს [10].

$$I(u, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} (\varepsilon, D\varepsilon) d\Omega + \int_{\Omega} (\sigma, \{Au - \varepsilon\}) d\Omega - \int_{\Omega} (f, \varepsilon) d\Omega - \int_{S_1} (f, \varepsilon) ds - \int_{S_2} (\{u - u_s\}, A_s \sigma) ds \quad (10)$$

გადაადგილების და ძაბვის ვექტორების გარირებით შეიძლება ფუნქციონალის რამდენადმე გამარტივება და მიიღება რეისნერის შემდეგი ვარიაციული პრინციპი:

$$I(u, \sigma) = \int_{\Omega} \left[ (\sigma^T, Au) - \frac{1}{2} (\sigma, D^{-1} \sigma) \right] d\Omega - \int_{\Omega} (f, u) d\Omega - \int_{S_1} (u, f_s) ds - \int_{S_2} (\{u - u_s\} A_s) ds. \quad (11)$$

ნაშილობრივი ინტეგრირების გამოყენებით და გადაადგილების ვექტორის გამორიცხვით, მიიღება ფუნქციონალი, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ ძაბვაზე:

$$I(\sigma) = \int_{\Omega} \left[ \frac{1}{2} (\sigma, D^{-1} \sigma) \right] d\Omega + \int_{\Omega} (f, u) d\Omega - \int_{S_1} (u, f_s) ds - \int_{S_2} (\{u - u_s\} A_s) ds, \quad (12)$$

რის საფუძველზეც ფორმულირდება კასტილიანოს ვარიაციული პრინციპი. თუ წინასწარ შესრულებულია თანაფარდობები (7), (8) და სასაზღვრო პირობები გადაადგილებებისათვის, მაშინ მიიღება დანგრაჟის ვარიაციული პრინციპი, ანუ სრული პოტენციალური ენერგიის მინიმუმის პრინციპი:

$$I(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} (Au, DAu) d\Omega - \int_{\Omega} (f, u) d\Omega - \int_{S_1} (u, f_s) ds. \quad (13)$$

ამ ფუნქციონალის წარმოდგენა შეიძლება შემდეგი სახით:

$$I(u) = \Pi - W, \quad (14)$$

სადაც  $\Pi = \frac{1}{2} \int_{\Omega} A^T D A u d\Omega$  დეფორმაციის პოტენციალური ენერგიაა და  $W = \int_{\Omega} f u d\Omega + \int_{S_1} f_s u ds$  – გარე ძალების მუშაობა.

გადაადგილების ს ვექტორი დინამიკის ამოცანებში არა მარტო სივრცითი კორდინატების ფუნქციას წარმოადგენს, არამედ დროის ფუნქციაცაა, ამიტომ სათანადო ფუნქციონალის აღება უნდა მოხდეს ისე, რომ მასში შედიოდეს დროის დამატებითი კოორდინატიც.

## დასკვნა

სამეცნიერო ლიტერატურაში იშვიათად გვხვდება წყვეტილპარამეტრებიანი გარსების გაანგარიშების მეთოდები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია პრაქტიკული რეალიზაციის მოხერხებულობის შეთავსება ზოგად დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დეტალურ ასახვასთან;

ლიტერატურის მიმოხივილდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ წყვეტილპარამეტრებიანი თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციების დეფორმირებისა და მდგრადობის პირობებში გაანგარიშების დახვეწის პრობლემა დღეს ძალზე მნიშვნელოვანია და აქტიური დამუშავების სტადიაში იმყოფება;

კონტინუალური სისტემების გაანგარიშების ტრადიციული ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების გადატანა ამოცანათა განხილულ კლასზე ხვდება გარკვეულ სიძლეებს, რომ-ლებიც დაკავშირებულია კონსტრუქციის გეომეტრიული რეგულარობის დარღვევებთან და დეფორმაციის არაწრფივ ბუნებასთან;

ცნობილი რიცხვითი მეთოდების პირდაპირი რეალიზაცია მოითხოვს მანქანური დროის მნიშვნელოვან ხარჯს სინგულარობის მახლობლობაში დისკრეტიზაციის ბაზის ცვლილებების აუცილებლობის გამო და კონსტრუქციის ყოველ წერტილში მოცემული სიზუსტის უზრუნველსაყოფად.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. S.T. Mau, P. Tong, and T.H.H Pian, finite element solution for laminate sandwich plates // Composite material, vol. 6, April, 1972, pp. 304-311.
2. R.L. Spilker Hybrid-stress Reduced Mindlin Isoparametric Element for the Analysis of thin plates // J. Structural Mech., vol. 11, № 1, 1983, pp. 49-66.
3. O.C. Zienkiewicz, B.M. Ironc, S. Ahmad, An Analysis of Thick and Thin Shell Structures by Curved Finite Elements. // Int. J Numer. Math. Eng., 1970 vol.2, pp. 419-451.
4. G.W. Swift and R. A. Hello. layered Beam Analysis // J. Eng. Math. Div. ASCE, vol. 100, 1974, pp. 267-282.
5. R. Soleski and L.L. Durocher. Steady-State Vibrations and Bending of Transversal Isotropic Three-layer Plates. // Developments in Mechanics, vol. 8, 1975, pp. 122-157.
6. R. Soleski and L.L. Durocher, Bending and Vibration of Transversely Isotropic Two-Layer Plates // J. AIAA, vol. 13. 1975, pp. 1522-1523.
7. J. L. Boal and E. Reisner, Three-Dimensional Theory of laminated Anisotropic shells and Plates With Transverse Inextensibility // J. Math. Phys., vol. 39, 1961, pp. 161-181.
8. C. Libove and S.B. Bardoft. A General Small-Deflection Theory for Flat Sandwich Plates// NASA rep. 899, 1948.
9. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике. М.: Гостехиздат, 1957. - 476 с.
10. Л. А. Розин. Вариационная задача для упругих систем. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. - 223 с.
11. M. Kathryn Thomphson, J. Thomphson. Ansys Mechanical APDL for Finite Element Analysis. ISBN: 978-0-12-812981-4. Oxford, 2018.
12. S. Nagpal, N. Jain, S. Sanyal, Stress concentration and its mitigation techniques in flat plate with singularities—a critical review. Engineering Journal, 16(1), 2012, pp. 1-16.
13. H. Ounis, A. Tati, A. Benchabane. Thermal buckling behavior of laminated composite plates: A finite-element study//Frontiers of Mechanical Engineering, 9(1), 2014, pp. 41-49.

# CONSTRUCRION MECHANICS

## STRENGTH ANALYSIS OF THIN-WALLED SHELLS STRUCTURES BY FINITE ELEMENT METHOD

**I. Giorgobiani**

(Georgian Technical University, Kutaisi International University)

**Resume.** Literature materials related to the analysis of plates and membranes using the finite element method are reviewed.

Today, the use of plates and membranes in various mechanisms or buildings is growing rapidly due to their light weight and high strength. In the last century, composite materials have been studied at a rapid pace and used in their everyday constructions. The study of these materials is complicated by the anisotropic behavior in their space. The task becomes even more complicated when we have the concentration of voltages in the holes, due to their reduced cross-section. To solve this problem, numerical methods are used, in particular, the finite element method, where it is necessary to discretize the geometry correctly and to define the boundary conditions.

**Keywords:** finite element method; plate; shell; strength.

## რპინიბზის ტრანსპორტი

სარელსო წრედი. ორელემენტიან სალიანდაბო რელეგზე ზაზათა ძვრის  
პუთხის გაზომვა-რეგულირება

მერაბ ჩალაძე, მურთაზ პაპასეკირი, გიორგი ჩალაძე, პ. ელიზბარაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის)

**რეზიუმე:** განხილულია საქართველოს რკინიგზაზე და მეტროპოლიტენში არსებული სარელსო ელექტრული წრედების მოქმედების დღევანდელი მდგომარეობა. გაანალიზებულია გადამწოდის (ორელემენტიანი სალიანდაგო რელეგზე ფაზათა ძვრის კუთხის გაზომვა-რეგულირება) მნიშვნელობა და ფუნქცია, რომელიც ეფექტურად აფიქსირებს მოძრავი შემადგენლობის ადგილმდებარეობას და სარელსო ხაზების მდგომარეობას. სარელსო წრედები გამოიყენება, როგორც ტელემექანიკური არხები სალიანდაგო მოწყობილობებს, სალიანდაგო და სამატარებლო მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის გადასაცემად. სარელსო წრედების საშუალებით მიიღწევა სარკინიგზო უბნებისა და სადგურების გამტარუნარიანობის მაქ-სიმალური მნიშვნელობები და მატარებელთა უსაფრთხო მოძრაობის უზრუნველყოფა. ელექტრული სარელსო წრედები გამოიყენება მთელი მსოფლიოს რკინიგზებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ადგილობრივი ელემენტი; ალუმინის სექტორი; ზურგული და ფრონტული კონტაქტები; საბჯენი გორგოლაჭები; სალიანდაგო (სახაზო) ელემენტი; ფაზათა ძვრის კუთხე.

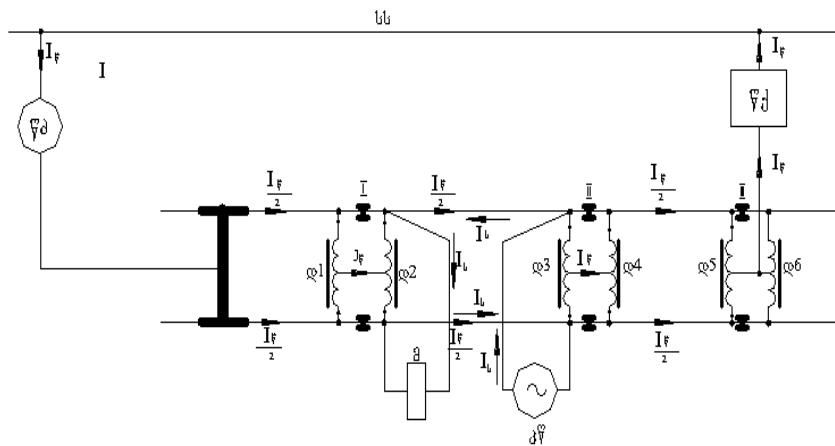
### შესავალი

ასეთი სარელსო წრედები პირველად გამოყენებულ იქნა კალიფორნიაში. ცვლადი დენის სარელსო წრედებმა ჩაანაცვლა მუდმივი დენის სარელსო წრედები სათბომავლო წევის უბნებზეც, რადგან მათი კვებისა და კვების ენერგიის დისტანციური გადაცემის გააღვილებით გაიაზდა სარელსო წრედების ექსპლუატაცია. ცვლადი დენის სარელსო წრედები გახდა ავტობლოკირების სისტემების განვითარების ძლიერი სტიმული. მალევე იქნა შემოთავაზებული სისტერული ერთელემენტიანი სექტორული რელე, 1908 წელს კი – კარგი ენერგეტიკული მასასიათებლების მქონე ორელემენტიანი ინდუქციური სექტორული რელე. ეს რელეები დღემდე გამოიყენება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში.

### ძირითადი ნაწილი

სარელსო წრედების სრულყოფა იყო ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი აღმოჩენა რკინიგზის ტექნიკის სფეროში, რომელიც განსაკუთრებით საიმედოდ უზუნველყოფდა მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოებას. ამ აღმოჩენით იწყება სარკინიგზო ავტომატიკის უფრო რთული სისტემების განვითარება. ასე რომ, სარელსო წრედები გახდა ავტომატური სიგნალიზაციის სისტემების შექმნის საფუძველი.

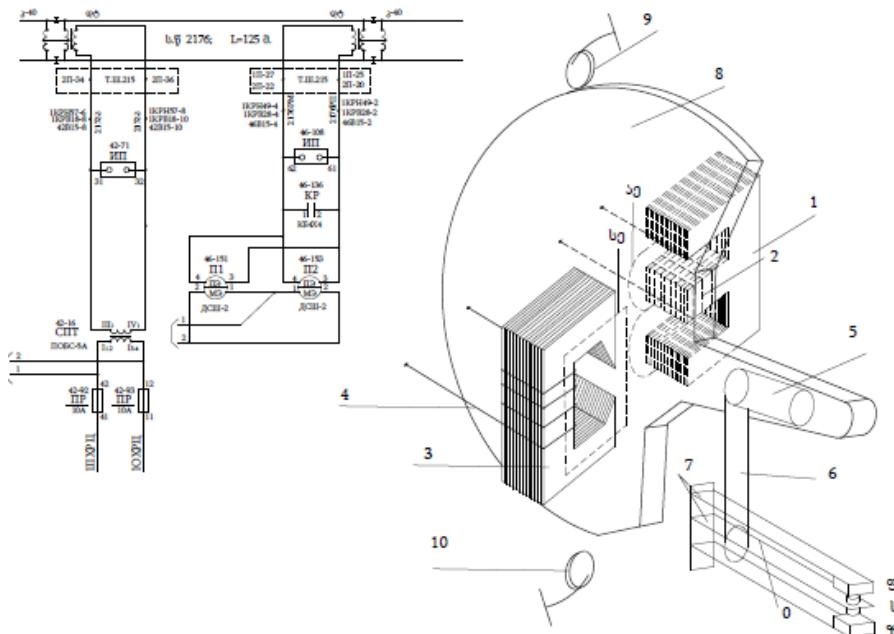
1-ლ ნახ.-ზე მოცემულია 1 სარელსო წრედში სასიგნალო დენისა (I<sub>1</sub>) და წევის დენის (I<sub>2</sub>) გადინების წრედები I, II და III მაიზოლირებელი პირაპირების გვერდის ავლით.



ნახ. 1. ცვლადი დენის ორძაფიანი სარელსო წრედის  
სქემა დროსელტრანსფორმატორების გამოყენებით

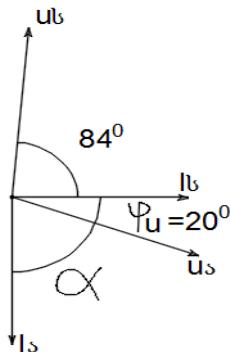
სარელსო წრედები იმდენად მოქნილი მოწყობილობები აღმოჩნდა, რომ მათ აყენებდნენ როგორც ავტობლოკირების სისტემებში, ისე სადგურებში ელექტრული ცენტრალიზაციის, ავტომატური სალოკომოტივო სიგნალიზაციის, სიჩქარის ავტომატური რეგულირების, საგადასასვლელო სისტემებში და სხვ.

**ორელემენტიანი სექტორული რელე** (ნახ. 2) შედგება ადგილობრივი ელემენტისაგან, რომელსაც აქვს ცვლადი დენის ადგილობრივ წყაროზე მიერთებული გულანა (1) და გრაგნილი (2), ასევე გულანითა (3) და გრაგნილით (4) აღჭურვილი სალიანდაგო ელემენტისაგან, რომელიც ჩართულია სარელსო წრედში. ადგილობრივი და სალიანდაგო ელემენტების გულარების პოლუსებს შორის განლაგებულია ალუმინის სექტორი (8), რომელიც ბრუნავს დერძხე და ამოძრავებს საკონტაქტო ჯგუფის (7) საერთო კონტაქტის ზამპარას (0) მხარეების (5) და წევის (6) საშუალებით. სექტორს შეუძლია იბრუნოს საბჯენ გორგოლაჟებს (9 და 10) ზორის. ადგილობრივი ელემენტის ხვიაში (2) ცვლადი დენის გავლისას ამ დენით შექმნილი ნაკადი გადაკვეთს სექტორს (8) და მასში წარმოქმნის ემას, რომელიც მის გამომწვევ ნაკადს ჩამორჩება  $90^{\circ}$ -იანი კუთხით.



ნახ. 2. DCШ-2 ტიპის ორელემენტიანი სექტორული რელეს კონსტრუქცია.

სექტორში (8) წარმოიქმნება დენები, რომლებიც შეიკვრება სალიანდაგო ელემენტის პოლუსებს შორის. ცნობილია, რომ დენიანი გამტარი მაგნიტურ ნაკადში ექვემდებარება მექანიკურ ძალვას. ამიტომ, თუ სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილში (4) გაედინება დენი, მაშინ ამ დროს წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადის ურთიერთქმედებით სექტორში არსებულ დენთან ჩნდება მაბრუნი მომენტი, რომელიც ისწრაფვის სექტორის შესაბრუნებლად. ანალოგიური მოვლენა ხდება სალიანდაგო და ადგილობრივი ელემენტების ნაკადებით სექტორში წარმოქმნილი დენების ურთიერთქმედების დროსაც. დადებითი მაბრუნი მომენტისა და სექტორის ზევით მოძრაობის შედეგად საერთო (b) და ფრონტული (ფ) კონტაქტების შერთვა ხდება მხოლოდ სალიანდაგო და ადგილობრივი ელემენტების დენებს (მაბვებს) შორის ფაზების განსაზღვრული შეფარდების დროს. სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილში გამავალი დენის შეწყვეტისას (გამორთვისას) ნაკადებისა და დენების ურთიერთქმედების ძალვა ქრება და სექტორი თავისი წონის ხარჯზე ეშვება ქვევით, რის შედეგადაც შეიკვრება საერთო (b) და ზურგული (ფ) კონტაქტები.



**ნახ. 3. დСШ-2 ტიპის ორელემენტიანი სექტორული რელეების გექტორული დიაგრამა იდეალური ფაზური დამოკიდებულების დროს**

მე-3 ნახ-ზე წარმოდგენილ გექტორულ დიაგრამაზე Up და Ia არის სალიანდაგო (სახაზო) ელემენტის ძაბვის და დენის სიდიდე, ხოლო Us და Ia - ადგილობრივი ელემენტის ძაბვის და დენის სიდიდე, სადაც სალიანდაგო (სახაზო) ელემენტის ძაბვის ფაზური კუთხე ადგილობრივი ელემენტის ძაბვის ფაზურ კუთხესთან მიმართებაში დაძრულია  $84^\circ + 20^\circ = 104^\circ$ -ით.

დСШ-2 ტიპის ორელემენტიან სალიანდაგო რელეებზე ფაზათა ძვრის კუთხე ხასიათდება შემდეგნაირად:

ა) ორელემენტიანი სალიანდაგო რელეს სალიანდაგო (სახაზო) ელემენტის ძაბვის ფაზური კუთხე, ადგილობრივი ელემენტის ძაბვის ფაზურ კუთხესთან მიმართებაში დაძრულია და მას უნდა უსწრებდეს  $88 - 120^\circ$ -ის ფარგლებში.

ბ) I/წრედში ფაზომეტრით ფაზური კუთხის ძვრის გასაზომად, უნდა გაითიშოს „ასე-სარ“-ის სასიგნალო სიხშირეები, რათა არ მოხდეს I/წრედის 50 ჰც სიხშირის მქონე ძაბვის გაუონგა COT(COBC-3Б) ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე, ამიტომ მისი მეორეული გრაგნილის წრედიდან უნდა მოხდეს მცველის (2-ამპერი) ამოღება.

გ) დСШ-2 ტიპის სალიანდაგო რელეს კონტაქტებთან (1-2) საჭიროა ფაზური ძვრის კუთხის საზომი ხელსაწყოს (ფაზომეტრის) იმ სადენების მიერთება, რომელთა გამომყვანებსაც ხელსაწყოზე აწერია „ადგილობრივი ელემენტი“, ხოლო კონტაქტებთან (3-4) კი – იმ სადენებისა, რომელთა გამომყვანებსაც ხელსაწყოზე აწერია „სახაზო ელემენტი“.

დ) ხელსაწყოს დაკალიბრების (ხელსაწყოზე განლაგებული რეგულატორის მეშვეობით  $0^\circ$  და  $180^\circ$  კუთხეების გასწორება) შემდეგ უნდა შემოწმდეს მიერთებული სადენების პოლარობა, რაც შესაძლებელია ხელსაწყოზე განლაგებულ ღილაკზე წარწერით „დაკალიბრება“

თითის დაჭერა. თუ ხელსაწყოს ისარი გადაიხარა მარცხნივ, 0<sup>0</sup>-საკენ, სადენები მიერთებულია ნორმალური პოლარობით, ხოლო, თუ ისარი გადაიხარა მარჯვნივ, 180<sup>0</sup>-საკენ, მაშინ ხელსაწყოზე განლაგებული გადამრთველი წარწერით „პოლარობა“ უნდა გადაირთოს სხვა პოზიციაზე.

ფაზომეტრის მონაცემი, როცა იგი შეესაბამება დაწესებულ ნორმებს, უნდა ჩაიწეროს ს/წრედების ელექტრომასიათებლების ბარათში P-გრაფის გასწვრივ, საწინააღმდეგო შემთხვევაში აუცილებელია ფაზური კუთხის ძვრის დარეგულირება.

ე) იმ ს/წრედებში, სადაც ПТ(ПОБС-2) შემათანხმებელი ტრანსფორმატორი ჩართულია როგორც ავტოტრანსფორმატორი, ფაზური კუთხის ძვრის დარეგულირება ხორციელდება ს/წრედის სარელეო ბოლოს ჩართული KБ4Х4 კონდენსატორული ბლოკის (ნახ. 2) ტევადობის კვლიო ან მკვებავი ბოლოდან რეზონანსის მიღწევით.

## დასკვნა

ამრიგად, ДСШ-2 ტიპის სალიანდაგო მიმღებების ძირითად დადებით თვისებას წარმოადგენს მათი ფაზური ხელექციურობა. ამიტომ, ეს მიმღებები და სარელსო წრედები იწოდება ფაზათმგრძნიბიარედ. ფაზური მგრძნობიარობა გამორიცხავს მოცემული სარელსო წრედის მიმღების ამუშავებას მოსაზღვრე სარელსო წრედის კვების წყაროდან მაიზოლირებელი პირაპირების მოკლედ შერთვისას. ამიტომ მოსაზღვრე სარელსო წრედებში დაცული უნდა იყოს მყისიერი პოლარობის დენის მონაცვლეობა, ხოლო რელეს სალიანდაგო გრაგნილები ჩართული უნდა იყოს ისე, რომ დადებითი მაბრუნი მომენტი და სექტორის აწევა ზევით ხორციელდებოდეს მხოლოდ საკუთარი სარელსო წრედის კვების წყაროდან.

როდესაც ადგილობრივ ელემენტის გრაგნილში დენი უსწრებს სალიანდაგო ელემენტის გრაგნილში არსებულ დენს 88-120°-ით, ეს კუთხე ითვლება ფაზათა ძვრის იდეალურ კუთხედ. იდეალური  $\varphi_0$ . კუთხიდან გადახრისას სექტორზე მოქმედი მაბრუნი მომენტის მიმართულება იცვლება საწინააღმდეგოდ და ამ შემთხვევაში რელეს მოქმედება არასტაბილური ხდება.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Аркадов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи, анализ работы и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1990. - 294 с.
2. Мухигулашвили Н. И. Повышение качества обслуживания рельсовых цепей. Дис. На соискание ученой степени канд. техн. наук// Ростов-на-Дону, 1991. - 289 с.
3. Мухигулашвили Н. И., Мухин Л. В. К вопросу разработки математического аппарата рельсовых цепей при повреждении изолирующего стыка// Труды ГТУ, № 7(363), 1990, с. 90-92.
4. Махмутов К. М. Устройства интервального регулирования движения поездов на метрополитене // Транспорт, 1986, с. 102-110.
5. Мухигулашвили Н., Швалов Д., Прокопец В. Методика синтеза устройств контроля исправности и золириующего стыка// Журнал научных трудов РГУПС «Вестник», №4, 2007. – 38 с.
6. ნ. მუხიგულაშვილი, ლ. სუთიძე, გ. კეჭლება. მაიზოლირებელი პირაპირის გამართულობის კონტროლის მოწყობილობა // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“, №4(20), 2005, გვ. 29-31.
7. ნ. მუხიგულაშვილი, ა. დუნდუა, მ. პაპასკირი. სარელსო წრედის დიაგნოსტიკისათვის კონტროლირებადი ელემენტების მინიმალური რაოდენობის განსაზღვრა. სტუ-ის სამეცნიერო მრომათა კრებული, №4, თბ., 2006.

### RAIL CHAINS. MEASUREMENT-ADJUSMENT OF THE PHASESHIFT ON TWO-ELEMENT SECTOR RELAYS

**M. Chaladze, M. Papaskiri, G. Chaladze, P. Elizbarashvili**

(Georgian Technical Univresity)

**Resume.** The current state of operation of electric circuits existing on the Georgian Railway and in the subway is discussed. The value and function of the sensor (measurement – adjustment of the phase shift angle on two-element relays), which effectively records the location of the rolling stock and the condition of the rail lines, are analyzed.

Thus, the main positive feature of the induction relay type DSSH-2 is their phase selectivity. Therefore, these receivers and relays are called phase-sensitive. The phase sensitivity excludes the operation of the receiver of this rail circuit with a short-term short circuit to the power source of the adjacent rail circuit. Consequently, in the adjacent relay circuits, an instantaneous change in the polarity current must be observed, and the windings of the relay track element must be switched on in such a way that the positive torque and the lifting of the sector upwards are carried out only from the power source of its own electrical circuit.

When the current in the winding of the local element is ahead of the current in the winding of the track (linear) element by  $88\text{--}120^0$ , this angle is considered the ideal phase shift angle. When deviating from the ideal angle, the direction of the torque acting on the sector changes counterclockwise, and the relay action is considered unstable.

**Keywords:** Track (linear) element; local element; phase shift angle; aluminum sector; limiting rollers; rear and front contacts.

## რპინიბზის ტრანსპორტი

სამზადო-ტექნიკური სადგურების სქემების სრულყოფა თანამედროვე ყელების პონსტრუქციის ბანგითარებით

ბეჭან დიდებაშვილი, ტარიელ კოტრიკაძე, ლევან ლომსაძე, მერაბ ჩალაძე,  
მიხეილ გრიგორაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ახალი სამგზავრო სადგურების მშენებლობისა და არსებული სამგზავრო სადგურების რეკონსტრუქციასთან დაკავშირებული სამგზავრო-ტექნიკური სადგურების სქემების სრულყოფის საკითხები, რომელთაგან ერთ-ერთია თანამედროვე კონსტრუქციის ყელების შემუშავება. თბილისის შემოვლითი რკინიგზის მშენებლობის დასრულების შემდგარ ქაღქის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ნაწილებში აუცილებელი გახდება ორი ახალი სამგზავრო-ტექნიკური სადგურის დაპროექტება და მშენებლობა, ხოლო საქართველოში არსებული სამგზავრო-ტექნიკური სადგურების რეკონსტრუქციისას მიზანშეწონილი იქნება სტატიაში შემოთავაზებული წინადადებების გათვალისწინება.

**საკვანძო სიტყვები:** გამწევი ლიანდაგი; ვაგონების სადგომი ჩიხი; მთავარი ლიანდაგი; საბაქნო ლიანდაგი; სადგურის ყელი; საისრო გადამყვანი; სამგზავრო ბაქანი; საფოსტო-საბარგო მოწყობილობა; ჯვარედის კუთხე.

### შესავალი

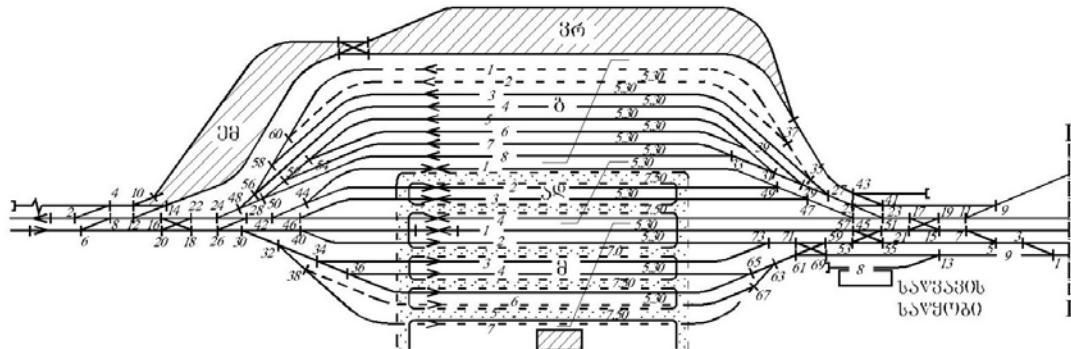
ცნობილია, რომ საქართველოში უახლოეს პერიოდში ივარაუდება თბილისის შემოვლითი რკინიგზის მშენებლობის დასრულება, რის შემდეგაც აუცილებელი იქნება ორი ახალი სამგზავრო სადგურის დაპროექტება და მშენებლობა (ერთი – მეტროსადგურ „დიდუბის“ მიმდებარედ, მეორე – მეტროსადგურ „სამგორთან“), ამიტომ ორივესთან თუ არა ერთ-ერთ სადგურთან მაინც უნდა დაიგეგმოს ტექნიკური სადგურის მშენებლობა. გარდა ამისა, საჭირო გახდება საქართველოში არსებული ზოგიერთი სამგზავრო-ტექნიკური სადგურის რეკონსტრუქცია და ამ რეკონსტრუქციისას სტატიაში შემოთავაზებული საკითხების გათვალისწინება.

### ძირითადი ნაწილი

შევმუშავებულ იქნა გამჭოლი ტიპის სამგზავრო-ტექნიკური სადგურის ყელების კონსტრუქციები, რომლებშიც პარკები და სარემონტო-საეკიპირებო კომპლექსი მიმდევრომითაა განლაგებული. გაერთიანებული მიმდებ-გამგზავნი პარკის შესასვლელმა ყელმა უნდა უზ-

რუნველყოს ისეთი ოპერაციების ერთდროულიად შესრულება, როგორიცაა: სამგზავრო სადგურიდან შემაღენლობების მიღება და გაგზავნა სამგზავრო სადგურზე ან იმ სამატარებლო ლოკომოტივების შევვანა და გამოყვანა, რომლებიც მოქმაროება სამგზავრო სადგურიდან.

ამ ყელის მიმღებ-გამგზავნი ლიანდაგები მიზანშეწონილია დაიყოს სამ სექციად, რომლებიც შედგება მიმღები (მ), ადგილობრივი (ად) და გამგზავნი (გ) პარკებისაგან (ნახ. 1).



ნახ. 1. სამგზავრო-ტექნიკური სადგურის გაერთიანებული  
მიმღებ-გამგზავნი პარკის ყელების სქემები

2-4, 6-8, 12-14 გადასასვლელებიდან დაწყებული კონსტრუირებული ყელები (ნახ. 1) უზრუნველყოფს დეპოდან სამატარებლო ლოკომოტივების ერთდროულ შეყვანასა და გამოყვანას. შემდეგ მოსაზღვრე საისრო გადამყვანების სქემების მიხედვით განსაზღვრულ მანძილზე იგეგმება გადაჯვარედინებული გადასასვლელი 16-18/20-22. ამის შემდეგ იგება კომბინირებული საისრო ქუჩა, რომელიც მოიცავს 24, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60 გადამყვანებს. სგ (საისრო გადამყვანი) 24-ის გასწვრივ მოინიშნება სგ 26 და გადასასვლელის სიგრძეზე – სგ 28-ის მდგომარეობა. 26–28 გადასასვლელის საშუალებით შესაძლებელია ადგილობრივი მატარებლების შემაღენლობების ადგილობრივი პარკის ლიანდაგებზე ჩაწოდება და გამგზავნი პარკის ლიანდაგებიდან შორეული მატარებლების შემაღენლობების ერთდროულად გადაყენება. სამგზავრო სადგურზე. სგ 28-სა და სგ 42-ს შორის მანძილი ისე უნდა იყოს გათვალისწინებული, რომ ლიანდაგთშორის დაშორება ადგილობრივი პარკის ლიანდაგ 1-სა და გამგზავნი პარკის ლიანდაგ 8-ს შორის არ იყოს 5,3 მ-ზე ნაკლები.

სგ 26-სა და სგ 30-ს შორის, აგრეთვე სგ 42-სა და სგ 46-ს შორის მანძილის შერჩევა ხდება მოსაზღვრე საისრო გადამყვანების სქემების მიხედვით. 30-34-36 საისრო ქუჩა იგება ჯგარედის კუთხით, ხოლო შემდეგ საისრო ქუჩა 32-38 – ჯგარედის ორმაგი კუთხით. სგ 40 სასურველია განთავსდეს სგ 46-ის გასწვრივ, რათა შემცირდეს ლიანდაგების სამშენებლო სიგრძე 30-34-36 საისრო ქუჩაზე ამ გადასასვლელის დაგებასთან შედარებით. სგ 32 უნდა განთავსდეს სგ 32-დან მოსაზღვრე საისრო გადამყვანების სქემების მიხედვით გათვალისწინებულ მანძილზე.

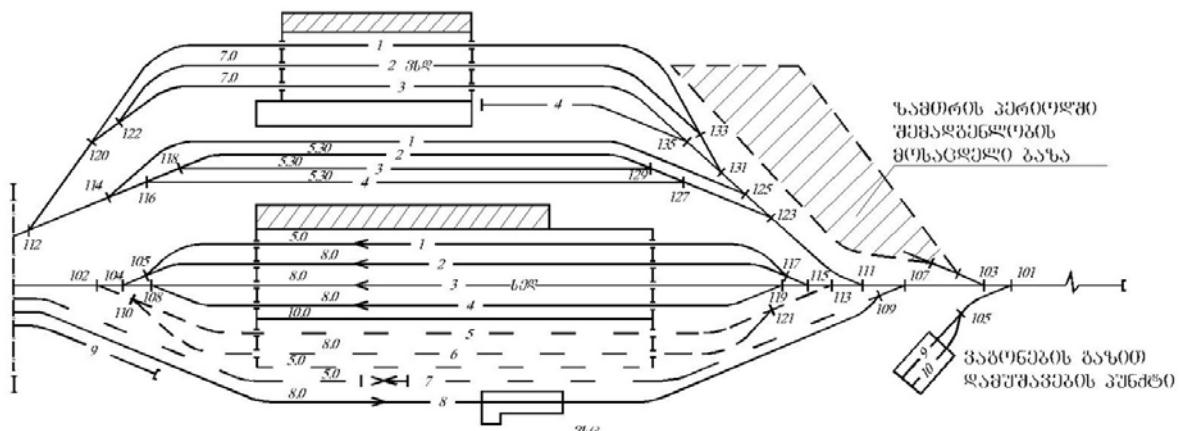
გაერთიანებული მიმღებ-გამგზავნი პარკის კენტ ყელზე გადასვლისათვის აუცილებელია მიმღები პარკის ლიანდაგის (4) მოცემული ნორმის სასარგებლო სიგრძის დაცვა, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს პერსპექტიული სიგრძის სამგზავრო შემაღენლობების განთავსება განივ გასასვლელებს შორის, რომლებიც აკავშირებს 7,5 მ სიგანის ლიანდაგთშორის გასასვლელებს. ამრიგად, პირველად კენტ ყელში იგეგმება სგ 65-ის მდგომარეობა, რომლის განაც იგება საისრო ქუჩა 65-59, შემდეგ გამოიხაზება გადაჯვარედინებული გადასასვლელი 59-61/69-71 და მოსაზღვრე საისრო გადამყვანების სქემების მიხედვით გათვალისწინებულ

მანძილზე იგეგმება სგ 73-ის მდგომარეობა. სგ 65-დან ამავე მანძილზე მდებარეობს სგ 63, რომლისგანაც ჯვარედის ორმაგი კუთხით იგება საისრო ქუჩა 63-67. მიმღები პარკის ლიანდაგბიდან ვაგონსარემონტო დეპოს ლიანდაგებზე პირდაპირი გადასვლის უზრუნველყოფისათვის მოსაზღვრე საისრო გადამყვანების სქემების გამოყენებით იგეგმება 53-51, 21-19, 11-9 გადასასვლელები, ხოლო შემდგება – 15-17 და 55-57 გადასასვლელები. ამ გადასასვლელებიდან უკანასკნელი უზრუნველყოფს სამანევრო ლოკომოტივის ჩაწოდების შესაძლებლობას შემადგენლობების გარეცხვის ლიანდაგზე და სარემონტო-საეკიპირებო დეპოს შემვლითი ლიანდაგიდან ადგილობრივ და გამგზავნ პარკებში ერთდროულ შესვლას.

მიმღები და გამგზავნი პარკების ნებისმიერი ლიანდაგიდან შემადგენლობების გასარეცხად ჩასაწოდებლად გათვალისწინებულია 7-5 და 3-1 გადასასვლელები. სგ 51-ის გასწვრივ ხდება სგ 23-ის მონიშვნა და იგება კომბინირებული საისრო ქუჩა, რომელიც მოიცავს 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39 გადამყვანებს. 25-41-9 შეერთების საშუალებით შესაძლებელია გამგზავნი პარკიდან სავაგონო დეპოს ლიანდაგებზე ერთდროული გადაადგილება და, პირიქით, სარემონტო-საეკიპირებო დეპოდან – მიმღები პარკის ლიანდაგებზე გადაადგილება. 41-43 გადასასვლელი გათვალისწინებულია სალოკომოტივო მეურნეობიდან შემადგენლობის ვაგონსარემონტო დეპოს ლიანდაგებზე შესასვლელად.

სგ 13-ის მდებარეობა განისაზღვრება საწვავის საწყობის სიგრძიდან გამომდინარე გასათვალისწინებელია, რომ მანძილი ამ საწყობის ბოლოდან მოხვევის კუთხის წვერომდე არ უნდა იყოს 25 მ-ზე ნაკლები.

მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილია სარემონტო-საეკიპირებო კომპლექსის ყელები. მათი კონსტრუირება ხდება კომპლექსურობის პირობიდან გამომდინარე. სარემონტო-საეკიპირებო კომპლექსის სიგრძის შერჩევა ხდება სამგზავრო შემადგენლობების პერსპექტიული სიგრძის გათვალისწინებით, ხოლო მანძილი სარემონტო-საეკიპირებო კომპლექსის კარებიდან მრუდის დასაწყისამდე არ უნდა იყოს 25 მ-ზე ნაკლები.



ნახ. 2. სამგზავრო-ტექნიკური სადგურის სარემონტო-საეკიპირებო კომპლექსის ყელის სქემა

ლიანდაგის (8) სასარგებლო სიგრძე, რომელიც განკუთვნილია ვაგონების გარეცხვისათვის უნდა შეირჩეს ისეთი, რომ სამრეცხაო სამჭროს წინ და უკან შესაძლებელი იყოს სამანევრო ლოკომოტივებთან ერთად პერსპექტიული სიგრძის შემადგენლობების განთავსება.

სარემონტო-საეკიპირებო დეპოსა და ვაგონსარემონტო დეპოს შორის მდებარე ლიან-დაგები (1-4) განკუთვნილია ახსნითი რემონტის მომლოდინე და გარემონტებული ვაგონები-სათვის. ამათგან ერთ-ერთი წარმოადგენს სავლელ ლიანდაგს. ვაგონსარემონტო დეპოში ლიანდაგი (4) განკუთვნილია ბორბლიანი და სხვა ტვირთების გადმოსატვირთად, რომლებიც დეპოს მიმართულებით მიემართება.

დადგენილი სანიტარიული ნორმების შესაბამისად ვაგონების აირული დამუშავების პუნქტი განთავსებული უნდა იყოს სადგურის ძირითადი მოწყობილობებისაგან მოშორებით.

## დასკვნა

ამრიგად, რეკონსტრუქციის შემდეგ გაერთიანებული მიმღებ-გამგზავნი პარკის შესასვლელი უკლი უზრუნველყოფს სამგზავრო სადგურიდან შემადგენლობების მიღებასა და გაგზავნას სამგზავრო სადგურზე ან იმ სამატარებლო ლოკომოტივების ჩაწოდებასა და გამოტანას, რომლებიც სამგზავრო სადგურიდან მიემართება და მიეწოდება მათ, ხოლო გამოსასვლელი უკლი – გამგზავნი პარკიდან ერთდროულ გადაადგილებას სავაგონო დეპოს ლიანდაგებზე და, პირიქით, სარემონტო-საეკიპირებო დეპოდან – მიმღები პარკის ლიანდაგებზე.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გ. თელია, ზ. მესხიძე, ბ. დიდებაშვილი, კ. შარვაშიძე. რკინიგზის გამყოფი პუნქტები. სახელმძღვანელო. თბ.: სქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2016. - 249 გვ.
2. ა. ჩხაიძე. გადაზიდვითი პროცესების ორგანიზაცია და მართვა რკინიგზის ტრანსპორტზე. ნაწ. I, თბ.: ბონდო მაცაბერიძის გამომცემლობა „ბაქმი“, 2001. - 480 გვ.
3. ა. ჩხაიძე, გ. ჩხაიძე, გ. თელია. – სარკინიგზო ტრანსპორტის სრულყოფისა და სადგურთა განვითარების აქტუალური პრობლემები. თბ.: ბონდო მაცაბერიძის გამომცემლობა „ბაქმი“, - 2003. - 432 გვ.
4. Правдин Н. В. и др. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты). М.: Транспорт, 2005.

**IMPROVEMENT OF PASSENGER STATION SCHEMES WITH THE  
DEVELOPMENT OF MODERN STRUCTURES OF MOUTHS**

**B. Didebashvili, T. Kotrikadze, L. Lomsadze, M. Chaladze, M. Grigorashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume.** The construction of new technical passenger stations or the reconstruction of existing passenger stations, by improving schemes of the stations with the development of modern structures of mouths are considered. As Georgia is expected to complete the construction of a bypass railway in Tbilisi, it will be necessary to design and construct two new technical passenger stations (one on the western side and the other on the eastern side). It will be advisable to take into account the proposed in the article issues to reconstruct the existing passenger stations in Georgia.

**Keywords:** dead end of carriage parking; main rails; mouth of the station; passenger platform; platform rails; point frog; post-cargo equipment; switch; traction sensor.

ჭიე-ფორმების პრესტრუქციული თავისებურებები და მათი  
დაპროექტების ტექნიკური მოთხოვება

თინათინ მაღლაკელიძე, პეტერ შმიდტი, სტეფანო როტელი

(ა.გ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საერთაშორისო ასოციაცია  
„ST GEORGITALI“)

**რეზიუმე:** განხილულია ცხელი ვულკანიზაციის და ჩამოსხმის მეთოდით ფეხსაცმლის დამზადებისას საჭირო წნებ-ფორმების კონტრუქციული თავისებურებები და მათი დაპროექტების ტექნიკური მოთხოვნები, რომლებიც ითვალისწინებს წნებ-ფორმების ელემენტების კონსტრუქციისა და მასალების შერჩევას, წნებ-ფორმების გამოცდას, ნახაზების კორექტირებას, სრული სერიისთვის მრუდების გამრავლებას, კალაპოტების, მატრიცების და პუანსონების დამუშავების ტექნოლოგიურ პროცესებს, კომპლექტის შემოწმებასა და წნებ-ფორმების შეფუთვას.

**საკვანძო სიტყვები:** გამრავლება; კორექტირება; ტექნოლოგიური პროცესი; წნებ-ფორმა.

### შესავალი

წნებ-ფორმების დაპროექტების ერთ-ერთი ყველაზე უფრო შრომატევადი პროცესია საცდელი წნებ-ფორმებისა და თარგების კომპლექტის დამზადება. სერიული წარმოებისათვის საცდელი წნებ-ფორმების ვარგისიანობის განსაზღვრა ხდება მასში დამზადებული ფეხსაცმლის ხარისხის მიხედვით. მზა ფეხსაცმელს ამოწმებენ ფეხსაცმლის შემქმნელი ტექნოლოგები და წნებ-ფორმის კონსტრუქტორები. საცდელი წნებ-ფორმების შემოწმების ძირითადი ამოცანაა ნახევარმატრიცების, პუანსონისა და კალაპოტების მუშა მრუდების სისტრის დადგენა და მათი დაყვანა იმ ზომებამდე, რომლებიც განაპირობებს ხარისხიანი ფეხსაცმლის მიღებას.

საცდელი წნებ-ფორმებისათვის განკუთვნილი ფეხსაცმელი უნდა დამზადდეს ზუსტად იმ მასალებითა და ტექნოლოგიით, რომელიც გათვალისწინებულია მისი მასობრივი წარმოებისათვის. ფეხსაცმლის დეტალების მასალების შეცვლამ წნებ-ფორმების ზომების დაზუსტებისას შეიძლება არასწორი შედეგები აჩვენოს.

მუშაობის პრაქტიკაშ ცხადყო, რომ საცდელი წნებ-ფორმა ყოველთვის საჭიროებს შესწორებას. საცდელი წნებ-ფორმების შემოწმების შედეგები ფიქსირდება კონსტრუქტორების მიერ და ამ შედეგების მიხედვით ხდება ცვლილებების დადგენა, რომლებიც შეტანილი უნდა იქნეს საცდელი წნებ-ფორმების ნახაზებში.

## ძირითადი ნაწილი

წნებ-ფორმების ელემენტების კონსტრუქციისა და მასალების შერჩევა. წნებ-ფორმის კალაპოტის დანიშნულებაა ფეხსაცმლის სწორად დაყენება ნახევარმატრიცების დახურვისას და მისი სწორ მდგომარეობაში ყოფნა ფეხსაცმლის ძირის (ლანჩის) ფორმირებისა და ულგანიზაციის დროს. ვინაიდან კალაპოტები განიცდის დიდ დატვირთვებს, სასურველია მათი დამზადება მოხდეს ლითონისაგან. კოროზიისაგან დაცვის მიზნით კი ლითონის კალაპოტის ზედაპირს ფარავენ ქრომით.

დანადგარის სახეობის მიხედვით კალაპოტები შეიძლება იყოს მოსახსნელი და არა-მოსახსნელი, ერთიანი ან დანაწევრებული. ზოგჯერ ვულკანიზაციასთან ერთად კალაპოტებულ შეიძლება მოხდეს ზედაპირის ფორმირებაც. ამ შემთხვევაში მისი ზომები ზუსტად უნდა შეესაბამებოდეს მოსაჭიმი კალაპოტის ზომებს, მაგრამ, თუკი ნამზადი ჯერ მოსაჭიმ კალაპოტებულ ფორმირდება, მაშინ წნების კალაპოტის ზედაპირის ზომები შეიძლება შემცირდეს, რაც ამარტივებს მასზე ფეხსაცმლის ჩამოცმასა და მოხსნას. კალაპოტის ზომების შემცირება იწყება კალაპოტის წიბოდან 10–15 მმ-ის ზევით. ზედა ნაწილში ის 4–5 მმ-დება. კალაპოტის კვალიისა და პროფილის ყველა ზომა ასევე წიბოდან 10–15 მმ-ზეა. განივი ჭრილის ზომები შეესაბამება მოსაჭიმი კალაპოტის ზომებს. თუ ნამზადი ძირის ფორმირების უბანზე მიეწოდება ფორმირების გარეშე, მაშინ გამოიყენება დანაწევრებული კალაპოტები, რომელთა სისრულე მოსაჭიმი კალაპოტის სისრულის ტოლია. დანაწევრებული კალაპოტებით მუშაობისას მარტივდება ნამზადის კალაპოტებულ ჩამოცმისა და ძირის ვულკანიზაციის შემდეგ მზა ფეხსაცმლის კალაპოტიდან მოხსნის პროცესი.

ნახევარმატრიცების დანიშნულებაა ლანჩის კიდისა და რანტისათვის ფორმის მიცემა და რეზინის ნარევისათვის სითბოს გადაცემა. ნახევარმატრიცები ძირითადად შედგება ორი ნაწილისაგან, რომლებიც იხსნება კვალის ღერძის ვერტიკალურ სიბრტყეში. მატრიცები მზადდება ფოლადისაგან, რაღგანაც მუშაობის პროცესში ისინი დიდი დატვირთვის ქვეშაა.

აგრეგატზე ძირითადად გამოიყენებულია ალუმინის წნებ-ფორმები, მაგრამ ყველაზე სუსტ რგოლს წარმოადგენს ნახევარმატრიცის ტუჩი, რომელიც კალაპოტის ნამზადთან მიჰერის დროს განიცდის წნევის ზემოქმედებას.

მეცნიერების პ. სტრონგინასა და ა. შვარცის [1] მიერ შემუშავებულ იქნა ვულკანიზაციის პროცესში გადასაჭიმ ნაწიბურზე წნევის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომლის მიხედვითაც დგინდება ფეხსაცმლის ცალკეულ კვეთაში ფეხსაცმლის გადასაჭიმ ნაწიბურზე განხორციელებული წნევის სხვადასხვა მნიშვნელობა და ნაწილდება არათანაბრად. იგი ყველაზე დაბალია ცხვირ-კონათას ნაწილში, ხოლო ყველაზე მეტია – კონათას ნაწილში. შესაბამისად, ნახევარმატრიცის ტუჩის ყველაზე საშიშ კვეთას წარმოადგენს კამარის ნაწილი, ამიტომ ნახევარმატრიცების ტუჩის თაროს ზომების განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია ამ უბნის შემოწმება სიმტკიცეზე შემდეგი ფორმულით:

$$H^2 \geq \frac{6 \cdot h \sigma}{[\sigma]},$$

სადაც  $h$  – კალაპოტიანი ფეხსაცმლის დაცილებაა ნახევარმატრიცის ტუჩის კიდემდე;

$H$  – ნახევარმატრიცის ტუჩის თაროს სიგანე;

$z$  – გეომეტრიული ფაქტორი, რომელიც ტოლია

$$Z = 1 - \frac{h}{2} ;$$

$\sigma$  – დაბალულობა ნახევარმატრიცის ტუჩში;

[σ] – დასაშვები დაძაბულობა.

მატრიცების მუშა ზედაპირის ფორმა და ზომები დამოკიდებულია ფეხსაცმლის ძირის ფორმასა და ზომებზე. ლანჩის ზედა თაროსა და კიდის ფორმის მიხედვით მატრიცები შეიძლება იყოს დამზადებული ღრმულის ტუნან ერთად ან შედგენილი ღრმულის მოსახსნელი ტუნით, რომელიც მაგრდება ნახევარმატრიცებზე ხრახნებით. მოსახსნელტუნიანი მატრიცები დასამზადებლად მარტივია.

ერთიანი მატრიცების დაგეგმარება ხდება იმ შემთხვევაში, როცა დანადგარი არ იძლევა მოსახსნელტუნიანი მატრიცების გამოყენების საშუალებას. კიდის დაჭდევების ტექნოლოგიურობის გასაზრდელად ნახევარმატრიცები მზადდება სახურებლით ან სახურებლის გარეშე. აქვს თერმორეგულირებისა და ტემპერატურის საზომი გადამწოდები, ხოლო გაბარიტულ ზომებსა და კონსტრუქციებს არჩევნი დანადგარის მიხედვით.

პუანსონის დანიშნულებაა საჭირო ზომისა და ფორმის ლანჩის კვალის მიღება, რეზინის ნარევზე სითბოს გადაცემა და მისი ფორმირებისათვის საჭირო წევის უზრუნველყოფა. პუანსონი მზადდება მოქრომილი ფოლადისაგან როგორც სახურებლით, ისე მის გარეშე. პუანსონზე შეიძლება გათვალისწინებული იყოს ადგილი თერმორეგულატორისა და ტემპერატურის საზომი გადამწოდებისათვის.

**წნებ-ფორმების გამოცდა და გამართვა ნახაზების კორექტირებით.** საცდელ წნებ-ფორმებსა და თარგებს ამოწმებენ მუშა ნახაზების მიხედვით. საცდელ წნებ-ფორმას დანადგარზე ამონტაჟებენ კალაპოტის გარეშე და აკვირდებიან ნახევარმატრიცების სწორად დახურვისა და პუანსონის თავისუფლად მოძრაობის პროცესს. წნებ-ფორმის საბოლოო გამართვა ხდება კალაპოტზე ჩამოცმულ ფეხსაცმლის ნამზადთან ერთად. კალაპოტის მატრიცის ტუნების მიმართ სწორად დაყენება მოწმდება ნამზადზე ნახევარმატრიცის ტუნების შემოჭერით ფეხსაცმლის ძირის ვულკანიზაციის გარეშე.

წნებ-ფორმების გამართვის შემდეგ ხორციელდება ფეხსაცმელზე ძირის ვულკანიზაცია გადასტიმ ნაწილურებზე წებოს წასმის გარეშე, რათა ვულკანიზაციის შემდეგ ადვილად მოხდეს ზედაპირიდან ძირის აცლა და მის სხვადასხვა უბანში სისქის განსაზღვრა. ლანჩის სისქის გაზომვის შემდეგ სათანადო შესწორებები შეაქვთ კალაპოტისა და პუანსონის დაყენებაში. მარჯვენა და მარცხენა წნებ-ფორმების დაყენების სისწორეში დარწმუნების შემდეგ ახდენენ ძირის ვულკანიზაციას და წნებ-ფორმების ვარგისიანობის დადგენას.

შევასების ობიექტურობისათვის საჭიროა რამდენიმე წყვილი ფეხსაცმლის ვულკანიზაცია. მზა ფეხსაცმელში მოწმდება ლანჩისა და ქუსლის სასიარულო ნაწილის პორიზონტალურ სიბრტყესთან შეთანაბების სისწორე. ეს შემოწმება უნდა მოხდეს ფეხსაცმლის კალაპოტიდან მოხსნადე, ვინაიდან მოხსნის პროცესში ფეხსაცმელი შეიძლება დეფორმირდეს. მოწმდება აგრეთვე ხილული რანტისა და ნახევარმატრიცების თაროს სიგანე და გვერდითი შემოჭერის მეთოდის გამოყენებისას – ფეხსაცმელებში მორეზინების სიგანე. ლანჩის შემოწმებისას კი განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა მის კონტურს, ქუსლის ზომებს და განლაგებას, ლანჩის კიდისა და კვალის სურათს. ყველა მაჩვენებლის შედარება ხდება ფეხსაცმლის მაკეტთან და დაგეგმარების საწყის მონაცემებთან. კორექტირდება ყველა ნახაზი. კორექტირებულ ნახაზებზე კეთდება წარწერა „ვარიანტი 2“. ზოგჯერ ნახაზები კვლავ საჭიროებს შესწორებებს, რადგან საუკეთესო ვარიანტთან მისახლოებელი ყველა მცდელობა უშედეგოდ მთავრდება და უბრუნდება პირველ ვარიანტს. კორექტირებული ნახაზები ინახება და მათი საშუალებით შესაძლებელია ცვლილებებისათვის თვალის მიღევნება.

კორექტირებული ნახაზების მიხედვით მზადდება ახალი თარგები და წნებ-ფორმა. დასაზუსტებელი სამუშაოების მოცულობა დამოკიდებულია ცვლილების ხასიათზე. მაგალი-

თად, თუ საჭიროა ქუსლის ნაწილში ქვედა კიდის გადიდება, ქვედა კიდის თარგის დამზადების შემდეგ მონიშნავენ ნახევარმატრიცის ქვედა კიდის კონტურს და აწარმოებენ მექანიკურ დამუშავებას. ამ დროს საჭიროა პუანსონის გადიდება ქუსლის კონტურის გასწრივ. საცდელი წნებ-ფორმის შესწორებისას იცვლება ნახევარმატრიცის, პუანსონის, კალაპოტის და ა. შ. პროფილი და კონტური. ზოგჯერ წნებ-ფორმების გადაკეთების სამუშაოები საცდელი წნებ-ფორმების დამზადების 50–60 %-ს შეადგენს.

საცდელი წნებ-ფორმების პარამეტრების შეცვლისა და დამუშავების ტექნო-ლოგიური ხერხები შეიძლება სხვადასხვაგვარი იყოს. თარგების, ნახევარმატრიცების, პუანსონებისა და კალაპოტების შესწორების გარდა, ზოგჯერ შეიძლება საჭირო გახდეს წნებ-ფორმის სხვადასხვა ელემენტის ახლით შეცვლა. საბოლოო გადაწყვეტილება საცდელი წნებ-ფორმების ვარგისიანობის შესახებ დამკვეთსა და დამპროექტებელს შორის ფორმდება მიღება-ჩაბარების აქტით.

წნებ-ფორმების დაგეგმარებისას საცდელი წნებ-ფორმების დამუშავება საკასუხისმგებლო და შრომატევადი ეტაპია. მათზეა დამოკიდებული სერიული წარმოების წნებ-ფორმების ხარისხი.

წნებ-ფორმებისა და თარგების სერიის ნახაზების შესაქმნელად გამოიყენება საცდელი წნებ-ფორმებისა და თარგების კორექტირებული ნახაზები. წნებ-ფორმების სერიაში არ იცვლება დანადგარზე დასაყენებელი ზომები. იცვლება მხოლოდ ის ზომები, რომლებიც განსაზღვრავს ფეხსაცმლის ძირის ფორმასა და ზომებს. წნებ-ფორმის ერთი ნომრიდან მეორე ნომრზე გადასასვლელი მუშა მრუდების პარამეტრების ცვლილებაც ისვევ ხდება, როგორც ფეხსაცმლის ზომა-სისრულითი ნომრების შედგენის დროს. წნებ-ფორმების სერიის ზომების ცვლილება ეფუძნება კალაპოტის ნომრის სიგრძე-სიგანეში ცვლილების კანონს. კალაპოტის სიგრძის ცვლილებით ყველა მისი გრძივი ზომა იცვლება კვალის სიგრძის პირდაპირ-პროპორციულად. გრძივი და განივი ზომების ცვლილების კანონზომიერებიდან გამომდინარე, ადგენენ პარამეტრების სერიას. მომიჯნავე ნომრებს შორის სხვაობა მუდმივი სიდიდეა და 10 მმ-ის ტოლია. მომიჯნე ნომრის განივი ზომების ცვლილება კონათას ნაწილში შეადგენს 2 მმ-ს. კალაპოტის საჭირო ნომრის ზომების დადგენა ხდება საშუალო ნომრიდან გამომდინარე, ფორმულით:

$$l = l_0 \times K_1,$$

სადაც  $l$  კალაპოტის ნებისმიერი ნომრის ზომაა;

$l_0$  – საშუალო ნომრის შესაბამისი ზომა;

$K_1$  – პროპორციულობის კოეფიციენტი.

პროპორციულობის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K_1 = 1 + (T - T_0)K,$$

სადაც  $T$  კალაპოტის ნებისმიერი ნომერია;

$T_0$  – კალაპოტის საშუალო ნომერი;

$K$  – კოეფიციენტი.

$K$  კოეფიციენტს კალაპოტის საჭირო ნომრის გრძივი, განივი ან მაღლივი ზომებიდან გამომდინარე, სხვადასხვა მნიშვნელობა აქვს. ფეხსაცმლის ნებისმიერი ფასონის გრძივი ზომები განისაზღვრება გრძივი კოეფიციენტით ( $K_{\text{გა}}$ ) და ამ შემთხვევაში  $K = K_{\text{გა}}$ ; განივი ზომები კი განისაზღვრება განივი კოეფიციენტით ( $K_{\text{გა}}$ ) და ამ შემთხვევაში  $K = K_{\text{გა}}$ . მოცემული ფასონის კალაპოტისათვის განივი და გრძივი კოეფიციენტები მუდმივია და კალაპოტის ზომებს ნებისმიერი ნომრისათვის კოორდინატთა სისტემაში პოულობენ ზემოაღნიშული კოეფიციენტების მიხედვით.

გრძივი ზომების განსაზღვრისათვის გრძივი კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K_{\text{გრ}} = \frac{10}{L},$$

სადაც  $L$  საშუალო ნომრის კალაპოტის კვალის სიგრძეა.

კალაპოტის განივი ან მაღლივი ზომების საპოვნელად შესაბამისი კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_{\text{გან.}} = \frac{2}{B}.$$

აქ  $B$  საშუალო ნომრის კალაპოტის კვალის სიგანეა 0,68 დ კვეთაში (მმ).

კალაპოტის ნებისმიერი ზომისათვის გრძივი ზომების განმსაზღვრელ ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$l = l_0 \left[ l + (T - T_0) \frac{10}{L} \right].$$

განივი და მაღლივი ზომები განისაზღვრება ფორმულით:

$$l = l_0 \left[ l + (T - T_0) \frac{2}{B} \right].$$

პროპორციულობის კოეფიციენტის  $N$  მნიშვნელობას ზომითი ასორტიმენტის დანარჩენი ნომრებისათვის პოულობენ ფორმულით

$$N = N^1 K_1,$$

სადაც  $N$  საძიებელი გრძივი ზომაა;

$N^1$  – საწყისი გრძივი ზომა;

$K_1$  – პროპორციულობის კოეფიციენტი.

აღნიშვნული მეთოდოლოგიის გამოყენებით გაანგარიშებულ იქნა ძალოვანი სტრუქტურებისა (ჯარი, პოლიცია) და სოფლის მეურნეობის დარგში დასაქმებული მამაკაცებისა და ქალების სპეციალისტებისთვის სპეციალური გრძივის სერია. დადგინდა საშუალო ნომერი, განისაზღვრა როგორც კალაპოტის კვალის პროექციის სიდიდე, ისე ცხვირის ნაწილიდან პირველ ჭრილამდე მანძილი და ა.შ. [1, 2, 3].

წექ-ფორმების კონსტრუქციული თავისებურებები და მათი დაგეგმარების ტექნიკური მოთხოვნები. წექ-ფორმა შედგება ოთხი ძირითადი კვანძისაგან, კერძოდ კალაპოტის, ნახევ-ვარმატრიცების, პუანსონისა და ქიმისაგან. წექ-ფორმა წარმოადგენს საკმაოდ ხისტ კონსტრუქციას, რომელიც უძლებს აგრეგატის გარე დატვირთვებს და მის სიღრმეში ვულკანიზაციის დროს წარმოქმნილ შიგა წევას.

წექ-ფორმის ყველა ზომა მზადდება მესამე კლასის სიზუსტით. წექ-ფორმის მუშა ზედაპირები როგორც კონფიგურაციის მრუდებია. მრუდწირული ზედაპირები მუშავდება 0,1 მმ სიზუსტით და მაღალი სისუფთავით.

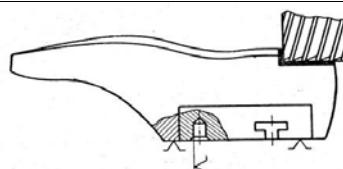
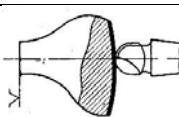
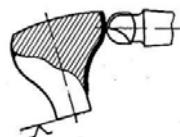
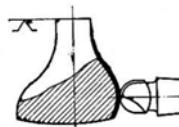
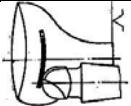
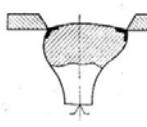
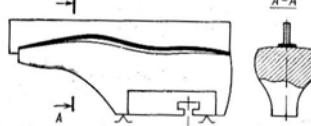
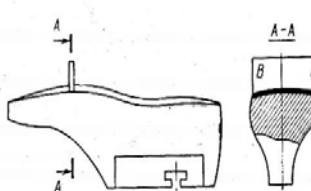
წექ-ფორმების დამზადებას სჭირდება დიდი რაოდენობით ლითონსაჭრელი ჩარხები, ასევე სპეციალური საკოპირე ფრეზები ჰორიზონტალურ სიბრტყითი და მოცულობითი კოპირებისათვის. ნაკეთობის დამზადების სირთულისა და დამუშავების მაღალი სიზუსტის გამო საჭიროა მრავალი სამარჯვის გამოყენება. მაგალითად, მარტო შემოწმებისა და მონიშვნისათვის გამოიყენება 150-მდე სპეციალური თარგი და აღჭურვილობა. მიუხედავად აღნიშვნულისა, ხელით მუშაობა შეადგენს საერთო შრომატევადობის 30 %-ს.

კალაპოტების დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი. ტექნიკური მოთხოვნებისა და მასალების მიხედვით კალაპოტების დამუშავება რამდენიმე ტექნოლოგიური გარიანტით მიმდინარეობს. კალაპოტები მზადდება 15L მარკის ფოლადით ან AL3B მარკის სილიციუმით.

კალაპოტების დამუშავების თანმიმდევრობა მოცემულია 1-ლ ცხრილში, სადაც მითითებულია მხოლოდ ძირითადი ტექნიკობიური ოპერაციები.

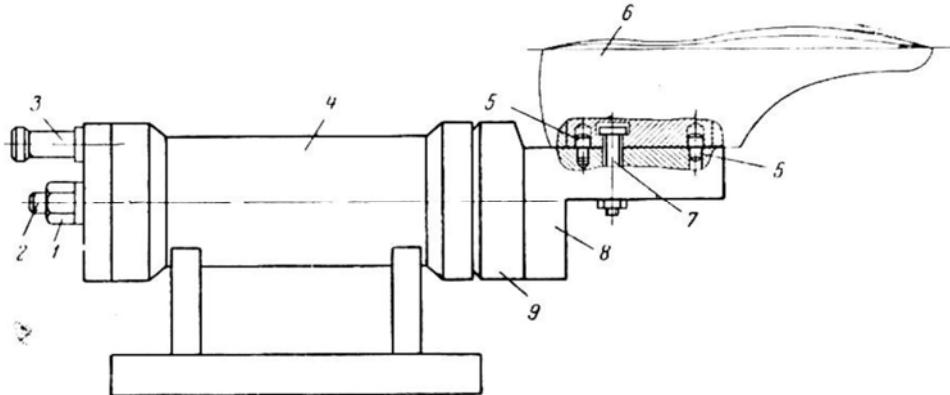
### ცხრილი 1

#### კალაპოტების დამუშავების თანმიმდევრობა

ოპერაციის ნომერი	დამუშავების ესკიზი	ოპერაცია, გამოყენებული დანადგარი
1		ჭრილის ფრეზვა ქუსლის ნაწილში. ვერტიკალური საფრეზი ჩარხი
2		I პოზიცია. კვალის ფრეზვა. საკონკრეტო საფრეზი ჩარხი 6441-Б
		II პოზიცია. გარე მხარის ფრეზვა
3		III პოზიცია. შიგა მხარის ფრეზვა
		IV პოზიცია. ცხვირის ნაწილის ზედაპირის ფრეზვა
3		სივრცითი თარგებით წიბოს დამუშავება
4		კვალის დამუშავება საშუალო პროფილის თარგის მიხედვით
5		კვალის დამუშავება განივი ჭრილის მიხედვით

ფრეზის პირველი ოპერაცია სრულდება ვერტიკალურ საფრეზ ჩარხზე. კალაპოტს აყენებენ სამარჯვეში, რომელსაც აქვს ორი ფიქსატორი, ხოლო ზევიდან ამაგრებენ მიმჭერი თამასით. საფრეზის ვერტიკალურ თავს აბრუნებენ კალაპოტის საშუალო პროფილის მრუდის დახრის შესაბამისად. კალაპოტის კვალის საფრეზით დამუშავება ხდება ცხვირისა და ქუსლის ნაწილში თამასის დაყენების შემდეგ.

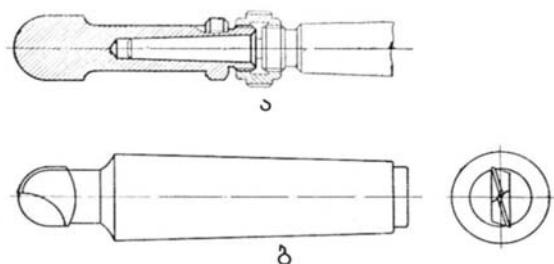
1-ლ ნახ-ზე მოცემულია კალაპოტის ზედაპირის ფრეზისათვის გამოყენებული სამარჯვის სქემა. მისი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა კალაპოტის დამუშავების უკელა ოპერაცია შესრულდეს კალაპოტის მოხსნის გარეშე. გონიო (8) უძრავადა დამაგრებული შპინდელზე (9). კალაპოტი ფიქსირდება ორი თითით (5), რომლებიც ჩაწებებილია გონიოში და დამაგრებულია ჭანჭიკით (7), რომლის თავიც შედის T-სებრ დარში. დამაგრების ეს პრინციპი გამოყენებულია ყოველი მექანიკური ოპერაციის დროს. შპინდელი (9) შეიძლება შემობრუნდეს თავისი ღერძის გარშემო  $360^{\circ}$ -ით და ფიქსირდება ყოველი  $15^{\circ}$ -ის შემდეგ სახელურით (3), შპინდელი კორპუსში (4) მაგრდება კონუსური ჩასმითა და ჭანჭიკური შეერთებით (1, 2).



ნახ. 1. კალაპოტის ზედაპირის საფრეზი სამარჯვის სქემა

კალაპოტის მრუდწირული ზედაპირის დამუშავება ხორციელდება ნახევარავტომატზე საკოპირე საშუალებით (მასშტაბი 1:1). მუშა შპინდელის მაღალი ბრუნთა რიცხვი კი მისი დამუშავებისას მსუბუქი სხმულის ნაკეთობის სწრაფმჭრელი ფოლადით დამზადებული ფრეზებითაა შესაძლებელი.

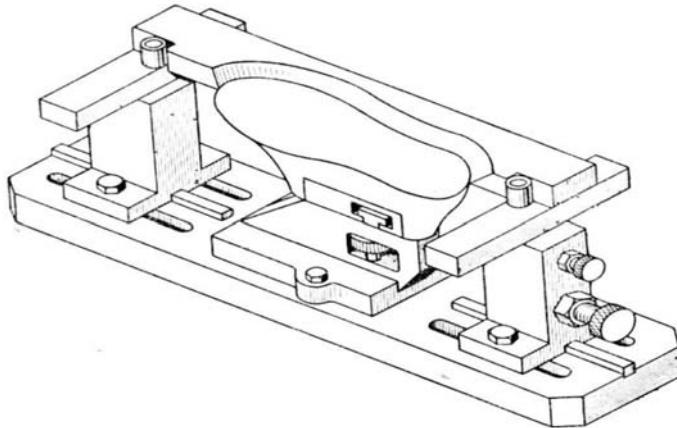
მე-2 ნახ-ზე მოცემულია საკოპირებელი თითისა და ორკალმიანი ფრეზის დამახასიათებელი ფორმები. სამარჯვი საკოპირებოა ერთად მაგრდება ზედა საყრდენ დგარზე; ხოლო სამარჯვი დასამუშავებელი კალაპოტით – ქვედა დგარზე. კალაპოტის ფრეზვა იწყება კვალიდან და მოწმდება სივრცით თარგებით. გვერდითი ზედაპირის დამუშავება სრულდება თანმიმდევრობით ოთხ პოზიციაზე. პირველ პოზიციაზე ხდება კვალის დამუშავება, მეორე და მესამე პოზიციაზე კი – გვერდითი ზედაპირის დამუშავება. კალაპოტის კონფიგურაციის მიხედვით ოპერაციების რაოდენობა შეიძლება ოთხზე მეტიც იყოს. ამ მიზნით სამარჯვის შპინდელს აყენებენ საჭირო მდებარეობაში ისე, რომ შესაძლებელი იყოს მისი  $15, 30$  და  $45^{\circ}$  ით მობრუნება. ცხვირის ნაწილის ზედაპირის ფრეზვა ხდება ოთხ პოზიციაზე.



ნახ. 2. საკოპირებელი თითისა (ა) და ორკალმიანი ფრეზის ფორმები (ბ)

სამარჯვში მოთავსებულ კალაპოტზე სივრცითი თარგებით ამოწმებენ კვალის კონტურის პროფილის მდგომარეობას. ამის შემდეგ ამუშავებენ კალაპოტის კვალს შიგა, გარე და საშუალო პროფილის კონტურის გასწვრივ.

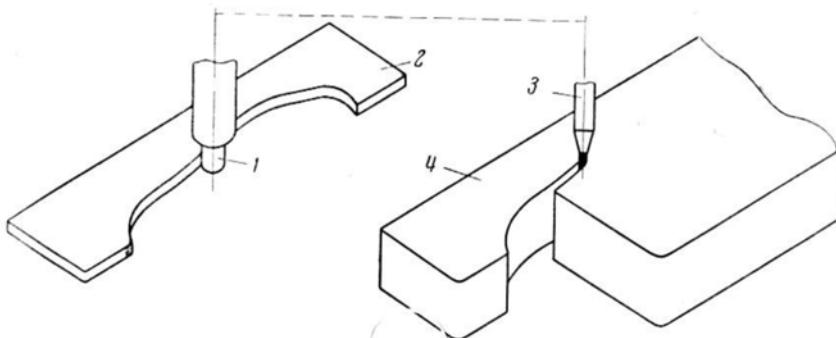
მე-3 ნახ-ზე ნაჩვენებია სივრცითი თარგებით კალაპოტის შესამოწმებელი მოწყობილობის სქემა. კომპლექტი შედგება ოთხი თარგისაგან, რომლებიც გამოიყენება მარჯვენა და მარცხენა კალაპოტის შიგა და გარე წიბოს შესამოწმებლად. ასევე თარგით მოწმდება კალაპოტის საშუალო პროფილიც.



ნახ. 3. კალაპოტის შესამოწმებელი სამარჯვის სქემა

**მატრიცების დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი.** ნახევარმატრიცებსა და პუანსონს ამზადებენ ფურცლოვანი ფოლადისაგან, რომლის სისქე წნევა-ფორმის კონსტრუქციის მიხედვით შეადგენს 40–70 მმ-ს. ნამზადის გამოკვეთა ხდება ავტომატზე სპეციალური საკოპირე საშუალებით. დამუშავებისათვის ნამეტი ეძლევა 4-5 მმ.

მე-4 ნახ-ზე მოცემულია ნახევარმატრიცის ნამზადის გამოკვეთის სქემა. ანალოგიურად ხდება პუანსონის ნამზადის გამოჭრაც. გამოსაჭრელ კოპირებს ამზადებენ ლითონსაჭრელ ჩარხებზე 6 მმ სისქის მცირენახშირბადიანი ფოლადისაგან. საკოპირე ზედაპირის სისუფთავე უნდა შეესაბამებოდეს მე-4 კლასს და არც სიზუსტე უნდა აჭარბებდეს ამავე კლასს. მატრიცის დამუშავება ხდება რამდენიმე ვარიანტად. დამუშავების პროცესი რთული და შრომატევადია. დასამუშავებლად გამოიყენება ჩვეულებრივი საფრეზი, უნივერსალური, საკოპირე-საფრეზი და სახეხი ჩარხები.



ნახ. 4. ნახევარმატრიცის ნამზადის გამოკვეთის სქემა: 1 – მაგნიტური თითი; 2 – საკოპირე; 3 – სატურე; 4 – ნახევარმატრიცის ნამზადი

ოპერაციების უმრავლესობა სრულდება სპეციალური და უნივერსალური სამარჯვებით. მუშა ზედაპირების დასამუშავებლად გამოიყენება პნევმოამძრავიანი სახეხი მანქანები.

ტექნიკური პროცესის მაღალი მექანიზაციის ხარისხის მიუხედავად ცალკეული ტექნიკური ოპერაციები, როგორიცაა კიდის სურათის დატანა, ფასკის დამუშავება და სხვ., საჭიროა შესრულდეს ხელით.

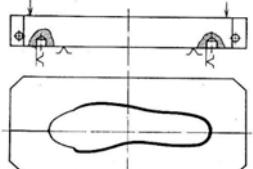
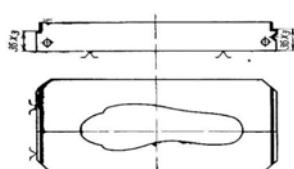
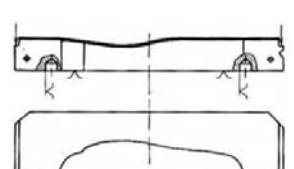
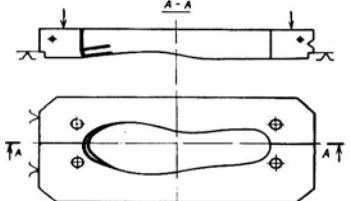
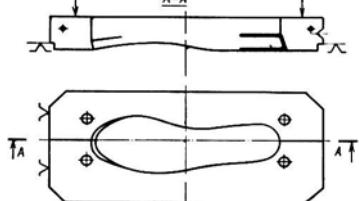
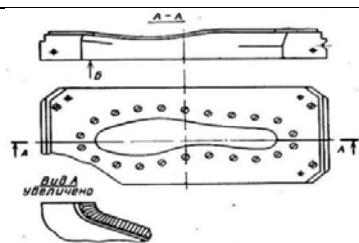
ნახევარმატრიცების დამუშავების თანმიმდევრობა მოცემულია მე-2 ცხრილში, სადაც წარმოდგენილია ძირითადი ოპერაციები, ხოლო უმნიშვნელო სამუშაოები (მაგალითად, თერმოწყვილების ნახვების დამუშავება და სხვ.) გამოტოვებულია.

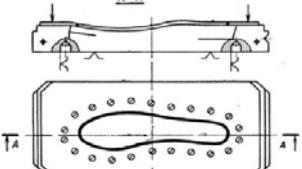
ნახევარმატრიცების ნამზადი მიეწოდება ნამზადის სამქროს, სადაც წინასწარ ხდება მისი თერმული დამუშავება, გამოწვა და ნორმალიზაცია [1, 2, 3].

## ცხრილი 2

### ნახევარმატრიცების დამუშავების თანმიმდევრობა

№	დამუშავების ესკიზი	ოპერაცია, გამოყენებული დანადგარი
1		ზედაპირების 1, 2, 3, 4, 5 ფრეზვა ვერტიკალური საფრეზი ჩარხი. T15K6 მყარი შენადნობის ფრეზი
2		1, 2, 3, 4 ზედაპირების გახეხა ბრტყელი სახე ჩარხი
3		ტორცული ზედაპირების ფრეზვა პორიზონტალური საფრეზი ჩარხი
4		ნახვების 05AA2a და 012A3 წინასწარი და საბოლოო დამუშავება ვერტიკალურ-სახერეტი ჩარხი
5		კიდის კონტურის წინასწარი დამუშავება ვერტიკალური კოპირების ჩარხი 6M42K

6		ქუსლისა და კამარის ნაწილში ქვედა კიდის საბოლოო დამუშავება გერტიკალური საფრენე ჩარხი 6M42K
7		ორი შეერილისა და ქუთხის დარის დამუშავება გერტიკალური საფრენე ჩარხი
8		ზედა გარე პროფილის დამუშავება ჰორიზონტალური საფრენე ჩარხი
9	ob. მფ-8 ოპერაციის ესკოზი	ზედა შიგა პროფილის დამუშავება ჰორიზონტალური საფრენე ჩარხი
10		ცხვირის ნაწილში ზედა და ქვედა კიდის დამუშავება უნივერსალური საფრენე ჩარხი
11		ქუსლის ნაწილში ზედა და ქვედა კიდის დამუშავება უნივერსალური საფრენე ჩარხი
12	—	პროფილებისა და კონტურის დამუშავება
13		ფირფიტების დაყენება და რანგის დატვიფვრა

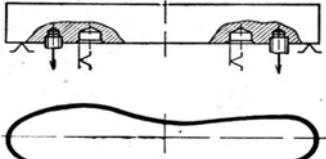
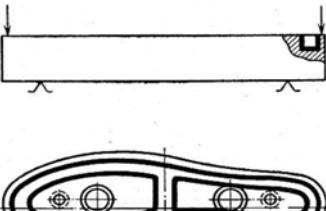
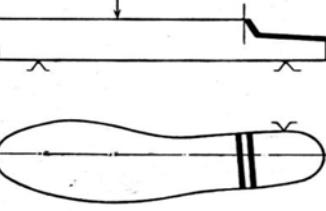
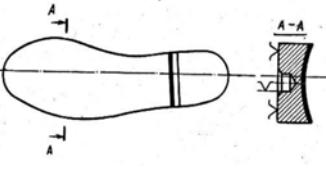
14		ღრმულის პროფილის დამუშავება გერტიკალური საკოპირები ჩარხი 6M42K
15		ფასკების ფრეზვა უნივერსალური საფრეზი ჩარხი
16	-	ღრმულისა და ფასკების დამუშავება

პუანსონების დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი. პუანსონების დამუშავებისათვის მიღებულია ტექნოლოგიური პროცესების ოამდენიმე ვარიანტი. მე-3 ცხრილში მოცემულია პუანსონების მექანიკური დამუშავების ძირითადი ოპერაციები (უმნიშვნელო ოპერაციების გარეშე). ზოგიერთ ესკიზზე გაერთიანებულია ოამდენიმე ოპერაცია. დამუშავებისათვის გამოყენება როგორც საფრეზი, ასევე კონტურული კაპირების ჩარხები, ხოლო ნაწილ ოპერაციებზე – სპეციალური სამარჯვები. მექანიკურ საამქროში მოხვედრამდე ნამზადი განიცდის თერმულ დამუშავებას (გამოწვას) ან ნორმალიზაციას [1, 2, 3]. პუანსონის მორგება მატრიცაზე ხდება სურათის დატანის შემდეგ. პუანსონის კვალის სურათი სრულდება დამკვეთთან შეთანხმებით.

### ცხრილი 3

#### პუანსონის მექანიკური დამუშავების ძირითადი ოპერაციები

№	დამუშავების ესკიზი	ოპერაცია, გამოყენებული დანადგარი
1		ზედაპირის (1 და 2) ფრეზვა გერტიკალური საფრეზი ჩარხი
2		ზედაპირების ხეხა სახე ჩარხი
3		ნახერების დამუშავება და ხრახნის მოჭერა გერტიკალურ-სახერები ჩარხი 6M42K

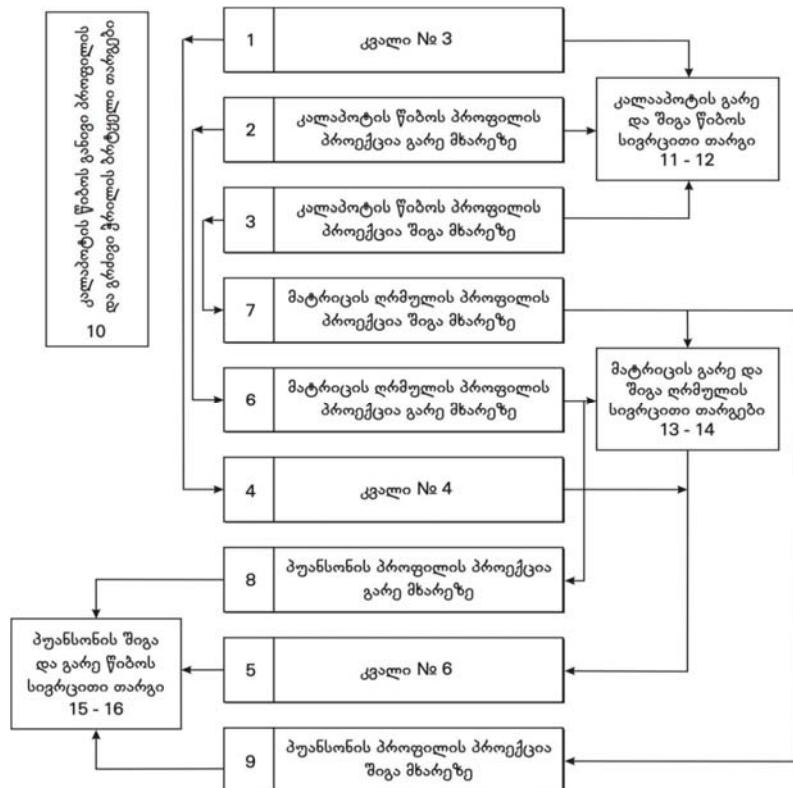
4		კონტურის წინასწარი დამუშავება გერტიკალური კონტურული საკოპირე ჩარხი 6M42K
5	იხ. მე-4 ოპერაციის ქსეიზი	კონტურის საბოლოო დამუშავება
6		სახურებლის დარის ფრეზვა უნივერსალური საფრეზი ჩარხი
7		ქუსლის ნაწილის წინასწარი დამუშავება გერტიკალური საფრეზი ჩარხი
8	იხ. მე-7 ოპერაციის ქსეიზი	ქუსლის ნაწილის საბოლოო დამუშავება უნივერსალური საფრეზი ჩარხი
9		„ძოვზის“ წინასწარი დამუშავება საკოპირე-საფრეზი ჩარხი
10	იხ. მე-9 ოპერაციის ქსეიზი	„ძოვზის“ საბოლოო დამუშავება საკოპირე-საფრეზი ჩარხი 6441-Б
11		დადაბლების ფრეზვა უნივერსალური საფრეზი ჩარხი

წერე-ფორმის მცირე სერიებით დამზადება და დასაგეგმარებელი ტექნოლოგიური პარამეტრები. ფეხსაცმლის წარმოების პერსაცეტიულ მიმართულებად ითვლება კომპლექტის შემოწმება. წერე-ფორმების შესრულების ხარისხი მოწმდება ტექნიკური პირობების მიხედვით ექსპერტთა ჯგუფის მიერ თითოეული ნომრისათვის სპეციალურად დამზადებული თარგებისა და საზომი ხელსაწყოების გამოყენებით. თითოეულ კომპლექტზე ხდება ნომრის, ფასონისა და დამდის დატანა. წერე-ფორმის ყოველ ნომერს თან ერთვის კალაპოტისა და მატრიცის ღრმულის მოცულობითი თარგები, მატრიცის ქვედა კიდის კონტურის პროექციისა და პუანსონის გრძივი პროფილის თარგები. ფეხსაცმლის თითოეული ნომრის წერე-ფორმის ელემენტებისა და თარგების შეფუთვა ხდება ცალ-ცალკე ყუთებში.

დოკუმენტაცია წნებ-ფორმების დასამზადებლად. წნებ-ფორმების დასამზადებელი დოკუმენტაცია შედგება ნახაზების სამი ჯგუფისაგან. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება დამხმარებელი თარგების ნახაზები, რომლის მიხედვითაც მზადდება მუშა თარგები; მეორე ჯგუფს – ბრტყელი და მოცულობითი მუშა თარგების ნახაზები, რომლის მიხედვითაც მზადდება წნებ-ფორმის ნაწილები; მესამე ჯგუფს – წნებ-ფორმების ყველა დეტალის თარგები მარჯვენა და მარცხენა ნახევარწყვილებისათვის [4, 5, 6].

მცირე სერიებით წნებ-ფორმების დასამზადებლად ნახაზები მზადდება მხოლოდ მარჯვენა ნახევარწყვილისათვის. წნებ-ფორმაში მუშა მრუდები ეწოდება ყველა მრუდს, რომლებიც ეხება ფეხსაცმელსა და ლანჩის მასალას. ეს როული სივრცითი მრუდები ნახაზებზე გეგმარდება ორ სიბრტყეზე. ნახაზების შედგენა იწყება საერთო ხედიდან, რომელზედაც განისაზღვრება კალაპოტის მდებარეობა წნების დერძის მიმართ. შემდეგ იღებენ კალაპოტის ზომებს და ამზადებენ მუშა მრუდების ნახაზებს. კალაპოტის მუშა მრუდების ნახაზების მიხედვით ადგენენ დანარჩენი მუშა მრუდების ნახაზებს და სპეციალურ ცხრილში მოცემული კოფიციენტების დახმარებით ახდენენ ყველა ნომრის ზომების გაანგარიშებას. კალაპოტის, მატრიცისა და პუანსონის ნახაზებზე მიუთითებენ თოთოეული ნაწილის თავისებურებებს – კიდის პროფილს, სურათს და ა. შ. თარგის ნახაზებს არ ადგენენ, რადგანაც იგი ერთნაირია ყველა ფასონისათვის და განსხვავდება მხოლოდ მუშა ნახაზებით.

წნებ-ფორმისათვის თარგების დამზადება. თარგები მზადდება გარკვეული თანმიმდევრობით, რომელიც გამოსახულია სქემაზე (ნახ. 5), სადაც ბრტყელი თარგები ნაჩვენებია მართკუთხედში, ხოლო სივრცითი – კვადრატში (მითითებულია დამზადების თანმიმდევრობის აღმნიშვნელი ნომრები 1-დან 16-მდე). ნახაზებითა და კვალი №3 თარგის (1) მიხედვით მონიშნავენ მატრიცის ღრმულის (4) თარგების პროექციას, რომელსაც, შემდეგ გამოჭრიან და გაქლიბავენ. ნახაზებისა და თარგის (4) მიხედვით ამზადებენ მატრიცის ქვედა წიბოს პროექციის თარგებს (კვალი 5).

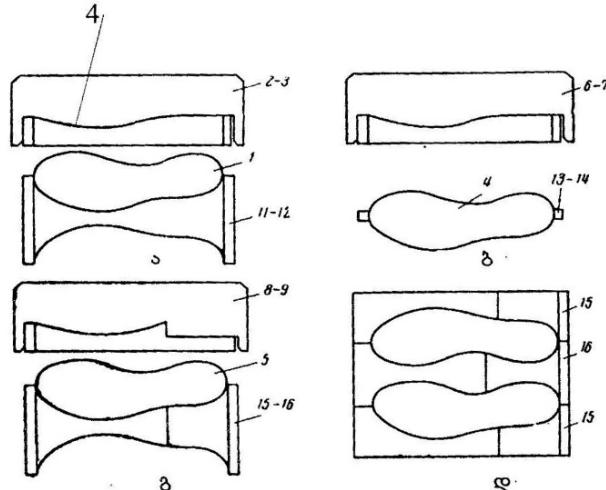


ნახ. 5. თარგების დამზადების თანმიმდევრობის სქემა

ნახაზებითა და ვერტიკალურ სიბრტყეში კალაპოტის წიბოს პროექციის თარგების მიხედვით ამზადებენ მატრიცისა და პუანსონის პროფილის თარგებს (6–9).

კალაპოტის განივი ჭრილის (10) ბრტყელი თარგები სრულდება კალაპოტის ჭრილის ნახაზების მიხედვით.

მე-6 ნახ-ზე მოცემულია ბრტყელი და სივრცითი თარგების სქემები კალაპოტის წიბოსათვის. ციფრები ნახაზზე მიუთითებს დასამუშავებელ ზედაპირსა და მუშა მრუდებს.



ნახ. 6. სივრცითი და ბრტყელი თარგების სქემა

თარგის (2) მიხედვით მონიშნავენ სივრცითი თარგის (11) გარე მხარის პროფილს, ხოლო თარგით (3) – სივრცითი თარგის (12) შიგა მხარის პროფილს. სივრცითი თარგის ქვედა სიბრტყეზე თარგით (1) მონიშნავენ კალაპოტის კვალის პროექციის გარე მხარის კონტურს თარგის (11) ღერძამდე და შიგა მხარის კონტურს – თარგის (12) ღერძამდე. ჩარხზე დამუშავების შემდეგ ორივე სივრცით თარგს ამოწმებენ ბრტყელი თარგების მიხედვით.

მე-6 ბ ნახ-ზე წარმოდგენილია მატრიცის ღრმულის ბრტყელი და მოცულობითი თარგის სქემები. თარგის (6) მიხედვით მონიშნავენ სივრცითი თარგის (13) გარე მხარის პროფილს, ხოლო თარგის (7) მიხედვით – სივრცითი თარგის (14) შიგა მხარის პროფილს. სივრცითი თარგის ქვედა ზედაპირზე თარგით (4) მონიშნავენ მატრიცის ღრმულის გარე მხარის პროექციის კონტურს თარგის (13) ღერძამდე და შიგა მხარის პროექციის კონტურს – თარგის (14) ღერძამდე. ჩარხზე დამუშავების შემდეგ თარგებს (13 და 14) ამოწმებენ ბრტყელი თარგებით. მე-6 გ ნახ-ზე ნაჩვენებია პუანსონის კიდის ბრტყელი და სივრცითი თარგები. თარგის (8) მიხედვით მონიშნავენ პუანსონის (15) სივრცითი თარგის გარე მხარის პროფილს, ხოლო თარგით (9) – სივრცითი თარგის (16) შიგა მხარის პროფილს. სივრცითი თარგების ქვედა სიბრტყეზე მონიშნავენ გარე მხარის პროფილს თარგით (5) თარგის (15) ღერძამდე და შიგა მხარის პროფილს – თარგის (16) ღერძამდე. ჩარხზე დამუშავების შემდეგ ორივე მოცულობით თარგს ამოწმებენ ბრტყელი თარგებით.

მე-6 დ ნახ-ზე მოცემულია პუანსონის კიდის სივრცითი თარგი, რომელიც განსხვავდება მე-6 გ ნახ-ის თარგისაგან იმით, რომ შიგა ნაწილის თარგი (15) შედგება მარცხნა და მარჯვენა ნაწილებისაგან პუანსონისათვის, ხოლო თარგი (16) მთლიანია.

ყველა სივრცით თარგს აუცილებლად უნდა გაუკეთდეს მარკირება, ისევე როგორც ბრტყელ თარგებს.

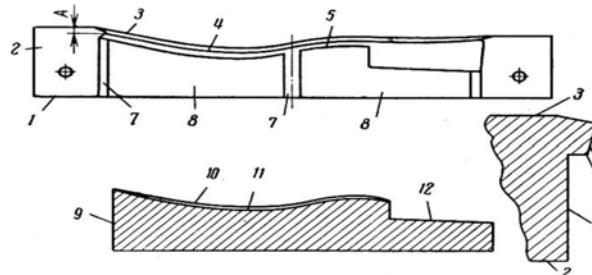
წერტილების შეკეთებისთვის გამოიყენება სივრცითი (11, 12, 13, 14, 15, 16) და ბრტყელი თარგები (10). სხვა ბრტყელ თარგებს იყენებენ სივრცითი თარგების შესამოწმებლად ან კიდევ წერტილების გადაკეთების შემთხვევაში.

**წნებ-ფორმების დამზადება.** წნებ-ფორმის ნაწილის დამუშავებისათვის გამოიყენება ჩარხები: სარანდი, ვერტიკალურ-საცრეზი, პორიზონტალურ-საცრეზი, სახარატო, სახები, სახვრეტი, აგრევე საბურღი მანქანა სხვადასხვა საცმებით; საზენკლო ხელსაწყოები: ღოჯი, ჩაქუჩი, ჟაბერი და სხვადასხვა ქლიბი, მცირე სერიებით წნებ-ფორმების დამზადებისას საკოპირე ჩარხების გამოყენება მიზანშეწონილი არ არის. სტატიაში წარმოდგენილია მხოლოდ მარტივი კონსტრუქციის წნებ-ფორმის მუშა ზედაპირის დამუშავების თანმიმდევრობა.

წნებ-ფორმების ძირითადი ნაწილია მატრიცა, რომელთანაც ხდება პუანსონისა და კალაპოტის შეთავსება. ამიტომ წნებ-ფორმის დამზადება იწყება მატრიცით, ხოლო კალაპოტისა და პუანსონის დამუშავება ჩარხებზე მატრიცების დამუშავებით. მე-7 ნახ-ზე გამოსახულია წნებ-ფორმის ელემენტები. ციფრებით მითითებულია დასამუშავებელი ზედაპირი და მუშა მრუდები.

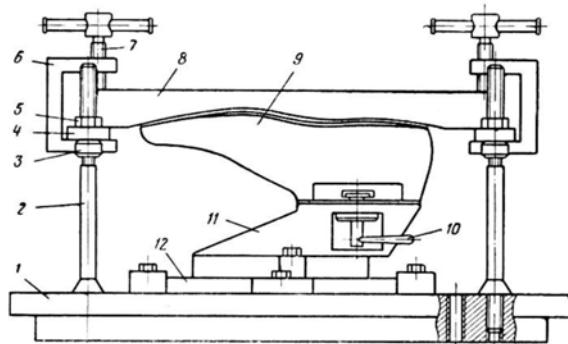
ნახევარმატრიცის ნამზადს (ნახ. 7) ხეხავენ მათი შეთავსების ზედაპირზე (2) და აერობენ შტრიფტებით. შემდეგ მას გარანდავენ და ხეხავენ ქვედა ზედაპირზე (1). თარგებით (6 და 7) ნახევარმატრიცის ერთ ნახევარზე ვიღებ მონიშნავენ პროფილებს ტუჩის სისქის გათვალისწინებით, ხოლო ქვედა ზედაპირზე (1) – კონტურს თარგით (4). გარანდვის შემდეგ თარგებით (6 და 7) შემოქლიბავენ ზედაპირს (3).

საზენკლო სამუშაოების შესრულების შემდეგ მონიშნავენ ლანჩის ქვედა წიბოს პროფილს (5), რომელიც ზედა წიბოსაგან (4) განსხვავდება კიდის სიგანითა და ქუსლის სიმაღლით. ქვედა ზედაპირის ფრეზება ხდება პუანსონის კონტურის (კვალი №6), ლანჩის (5) ბრტყელი თარგისა და ნახევარმატრიცის მიხედვით. აკრებილ მატრიცაში ათავსებენ ლანჩის (5) თარგს და ლანჩის პროფილის მიხედვით შემოქლიბავენ ნახაზის ზომების შესაბამისად, რის შემდგაც ამუშავებენ ლანჩის კიდისა და ქუსლის ზედაპირებს (6), მონიშნავენ პუანსონის მიმმართველებს (7) ცვეირის, კონათასა და კამარის ნაწილში და ფრეზის შემდეგ სპეციალური სივრცითი თარგების გამოყენებით გამოჰყავთ კალაპოტის კვალი.



ნახ. 7. წნებ-ფორმის ელემენტები

მე-8 ნახ-ზე ნაჩვენებია კალაპოტის წიბოს დამუშავებისა და შემოწმებისათვის განკუთვნილი სამარჯვის სქემა.



ნახ. 8. კალაპოტის წიბოს დასამუშავებელი და შესამოწმებელი სამარჯვის სქემა

სამარჯვი შედგება ფუძისაგან (1), რომელსაც აქვს ოთხი დგარი (2). დგარებში არის ხრახნი, რომელშიც ჩახრახნილია დასაყვანებელი ქანჩი (5). სივრცითი თარგის (8) ერთი

ნახევარი მაგრდება სამარჯვში ორი ჭახრაკით (6) და ხრახნით (7). კალაპოტს (9) ამაგრებენ რეგულირებად ფილაზე (12). სამარჯვის მომზადებისას თამასა (4) ქანჩით (3) შტანგებ-რეგის-მუსის დახმარებით თავსდება საჭირო სიმაღლეზე, მოწმდება მისი პარალელურობა ფუძესთან და ფიქსირდება ქანჩით (5). მზა კალაპოტს უკეთდება მარკირება, წნევე-ფორმის ნაწილებს აკომპლექტებენ და შეფუთავენ. წნევე-ფორმებთან ერთად იფუთება როგორც ბრტყელი, ისე სივრცითი თარგები [1–8].

## დასკვნა

ამრიგად, საცდელი წნევე-ფორმებისა და თარგების კომპლექტის დამზადება რომელიმე ტიპის ფეხსაცმლისათვის ძალზე შრომატევად პროცესს წარმოადგენს და მის ვარგისიანობას სერიული წარმოებისას განსაზღვრავენ მასში დამზადებული ფეხსაცმლის ხარისხის მიხედვით.

ნახევარმატრიცების, პუანსონისა და კალაპოტების მუშა მრუდების სისწორის დადგენა, მათი დაყვანა ზომებამდე (რომლებიც განსაზღვრავს ხარისხიანი ფეხსაცმლის მიღებას), საცდელი წნევე-ფორმების დამზადებისა და შემოწმების მეტად საპასუხისმგებლო საქმეა. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიქმნა საცდელი წნევე-ფორმები და თარგების კომპლექტი საქართველოს სოფლის მეურნეობის სფეროში და ძალოვან სტრუქტურებში დასაქმებული მამაკაცებისა და ქალების სპეციალურებისთვის [4–8].

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თ. ა. მაღლაკელიძე. იუხტის სპეციალურების დამზადების ტექნოლოგია. ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2013.
2. Лаевская Г. И. Технология производства юфтеевой обуви. Киев, Обувная фабрика № 1. 1990.
3. თ. ა. მაღლაკელიძე. შოთა რუსთაველის საქართველოს სამეცნიერო ფონდის საგრანტო წლიური ანგარიშის მასალები. ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2008.
4. თ. ა. მაღლაკელიძე, შოთა რუსთაველის საქართველოს სამეცნიერო ფონდის საგრანტო წლიური ანგარიშის მასალები. ქუთაისი: აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2010.
5. Павлов Л. П. Развитие производства обуви методом горячей вулканизаций на ленинградском обувном объединении. Сб. ЦНИИТЭИ-легпром, серия X, инф. 7/41, 1967.
6. Стронгин В. М., Шварц А. С. Определение профилей полуматриц при проектировании пресс-форм//Сб. научных трудов Ленинградского института текстильной и легкой промышленности им. С. М. Кирова, серия X, 1969.
7. Вейнберг И. А., Краснов Б. Я., Плотникова Л. Г. Литьевой метод производства полуматриц при проектировании пресс-форм//Сб. научных трудов Ленинградского института текстильной и легкой промышленности им. С. М. Кирова, серия X, 1969.
8. Пегловский В. Л. Обувные колодки из пластмасс. М.: Легкая индустрия, 1964.
9. The Hast Storn Reashnes Sterlon, N 17, 1962.
10. Leather I Chols. T. 152, N 3, 1966. - 12 p.

**STRUCTURAL PROPERTIES OF MOLDS AND TECHNICAL REQUIREMENTS  
FOR THEIR DESIGN**

**T. Maglakelidze, P. Shmidt, S. Rotteli**

(A.Tsereteli State University, International Association “ST-GEOGITALI”)

**Resume.** The design features of the hot vulcanization and molding presses required for shoe production and the technical requirements for their planning are discussed, starting with the design of mold elements, material selection, checking the shape of shoes and correcting molds. It also includes the drawings about the technological process of processing poisson and matrix, ending with an inspection of the kit and packaging of molds.

**Keywords:** correction; multiplication; press-form; technological process.

## ავტორთა საქურადღებოდ

ქართულენოვანი მრავალდარგობრივი სამეცნიერო რეფერირებადი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ არის პერიოდული გამოცემა და გამოდის წელიწადში სამჯერ.

1. ავტორის/ავტორთა მიერ სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს მთავარი რედაქტორის სახელზე ქართულ ენაზე და თან ახლდეს:

- აკადემიის წევრის, წევრ-კორესპონდენტის ან კოლეგიის წევრის წარდგინება ან დარგის სპეციალისტის რეცენზია (ორი მაინც);
- რეზიუმე ქართულ და ინგლისურ ენებზე;
- ცნობები ავტორის/ავტორების (მათი რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს ხუთს) შესახებ; მითითებული უნდა იყოს ავტორის/ავტორების გვარი, სახელი, მამის სახელი (სრულად), დაბადების თარიღი, საცხოვრებელი ბინისა და სამსახურის მისამართები, E-mail, სამეცნიერო წოდება და საკონტაქტო ტელეფონები (ბინის, სამსახურის), მობილური.

2. სტატია ამობჭედილი უნდა იყოს A4 ფორმატის ფურცელზე. მოცულობა ფორმულების, ცხრილებისა და ნახატების (ფოტოების) ჩათვლით არ უნდა იყოს ხუთ გვერდზე ნაკლები და არ უნდა აღემატებოდეს 15 ნაბჭელ გვერდს; სტატია შესრულებული უნდა იყოს doc და docx ფაილის სახით (MS Word) და ჩაწერილი ნებისმიერ მაგნიტურ მატარებელზე. ინტერვალი – 1,5; არეები – 2 სმ; ქართული ტექსტი აკრეფილი უნდა იყოს Acadnusx შრიფტით, ინგლისური – Times New Roman-ით, ზომა – 12.

3. სტატია გაფორმებული უნდა იყოს შემდეგნაირად:

- რეპრიკა (მეცნიერების დარგი);
- სტატიის სათაური;
- ავტორის/ავტორების სახელი და გვარი (სრულად);
- სად დამუშავდა სტატია;
- ქართული რეზიუმე და საკვანძო სიტყვები უნდა განთავსდეს სტატიის დასაწყისში, ინგლისური რეზიუმე საკვანძო სიტყვებთან ერთად – სტატიის ბოლოში. საკვანძო სიტყვები ორივე ენაზე დალაგებული უნდა იყოს ალფაბეტის მიხედვით. რეზიუმე შედგენილი უნდა იყოს 100 – 150 სიტყვისაგან; უნდა ასახავდეს სტატიის ძირითად შინაარსსა და კვლევის შედეგებს (არ უნდა შეიცავდეს ზოგად სიტყვებსა და ფრაზებს); უცხო ენაზე თარგმანი უნდა იყოს ხარისხიანი და ეყრდნობოდეს სპეციალურ დარგობრივ ტერმინოლოგიებს;
- საერთაშორისო სამეცნიერო უურნალების მონაცემთა ბაზების რეკომენდაციით დამოწმებული ლიტერატურის რაოდენობა სასურველია იყოს ათი და მეტი. ლიტერატურა ტექსტისგან უნდა დალაგდეს ციტირების თანმიმდევრობის მიხედვით და აღინიშნოს ციფრებით კვადრატულ ფრჩხილებში, ხოლო ლიტერატურის სია უნდა ითა-

რგმნოს ინგლისურ ენაზე და დაერთოს სტატიას ბოლოში; თან მიეთითოს რომელ ენაზე იყო გამოქვეყნებული სტატია.

- ნახაზები (ფოტოები) და ცხრილები თავის წარწერებიანად უნდა განთავსდეს ტექსტში. მათი კომპიუტერული ვარიანტი უნდა შესრულდეს ნებისმიერი გრაფიკული ფორმატით;
- რედაქტირებული და კორექტირებული მასალის გამოქვეყნებაზე თანხმობა ავტორმა უნდა დაადასტუროს ხელმოწერით (რედაქტირებული ვერსია ან სარედაქციო კოლეგიის მიერ დაწუნებული სტატია ავტორს არ უბრუნდება).

დამატებითი ცნობებისათვის მიმართეთ შემდეგ მისამართზე: 0108 თბილისი, რუსთაველის გამზირი 52, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. IV სართული, ოთახი 434, ტელ.: 299-58-27.

ელ.ფოსტა: metsn.technol@gmail.com

რედაქტორები: ლ. გიორგობიანი, ა. ეგოროვი  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხავაძის

გადაეცა წარმოებას 31.03.2022. ხელმოწერილია დასაბუჭიდად 18.05.2022. ქაღალდის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

